Tome VII - Fasc. 3-4 **Février 1936**

REVUE ALGOLOGIQUE

Directeurs :
P. ALLORGE et Rob. LAMI

SOMMAIRE

J. Augier. — Constitution et biologie des Rhodophycées d'eau douce 237

E. Bigeard. — Les *Pediastrum* d'Europe. Etude biologique et systématique (Fin) 327

L. H. Tiffany. — The disovery of Fruiting *Oedogonium Reinschii* Roy 419

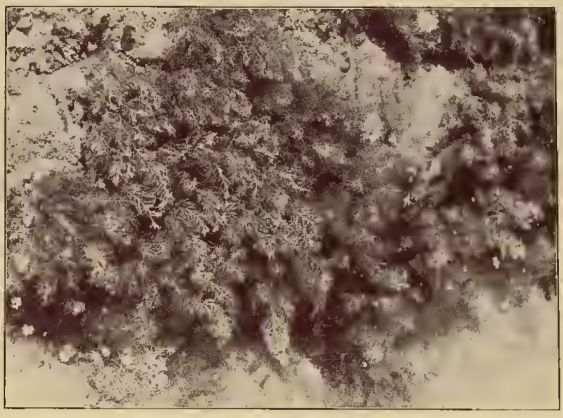
A. Majid. — A new Species of *Gomphonema* from the Punjab (India). *Gomphonema Ghoseii* sp. nov. 422

G. L. Naylor. — The Fucoids of St. John'lake, Plymouth, including a Hitherto undescribed Form of *Fucus spiralis*. 425

Tables du tome VII 441

Source MNHN Paris

VEGETATION ALGAGE DE FRANCE. — Pl. 9.



Cystoseira myriophylloides Sauv. — Sur le flanc d'une grande cuvette. Zone supérieure. St-Malo, avril 1934.

Photo R. Lami

Cystoseira fœniculacea Grev. — Dans une cuvette de la zone moyenne. St-Enogat, avril 1934.

Source MNHN Paris

CONSTITUTION ET BIOLOGIE DES RHODOPHYCÉES D'EAU DOUCE

par J. Augier

INTRODUCTION - HISTORIQUE

Une dizaine de genres d'Algues rouges, Bangiales et Floridées, habitent les eaux douces de la France. Les principaux sont :

BANGIALES : *Bangia*
Porphyridium

NEMALIONALES : *Audouinella*
Balbiania

Batrachospermum
Lemanea
Sacheria

Thorea

CRYPTONEMIALES : *Hildenbrandtia*

Le public les connaît assez peu, pour des raisons qui tiennent à leur biologie, ainsi qu'à leur aspect. Résumons, en quelques lignes, ces particularités.

Au lieu que les végétaux verts sont vulgairement répandus dans les eaux douces, les Algues rouges sont étroitement éclectiques quant à leurs conditions de vie. Il faut les rechercher sur des fonds rocheux,

Source : MNHN, Paris

aux places où le courant est violent, la profondeur de l'eau minime, ainsi dans les rapides et les cascades (1). En ces stations privilégiées, elles sont souvent très abondantes, à l'exclusion d'autre végétation. Mais leur présence peut être très inconstante, en raison surtout des variations rapides qui affectent le milieu des eaux douces. Ainsi les Batrachospermes disparaissent quand survient un apport de vase ou de feuilles mortes. Certaines années, les *Thorea* sont introuvables aux places où elles abondaient ; plus tard, elles s'y montrent à nouveau.

Les Algues de ce groupe ne diffèrent pas toujours des plantes vertes au point de forcer l'attention. Si le nom d'algues « rouges » exprime en effet la couleur de plusieurs d'entre elles (*Bangia, Porphyridium, Balbiania, Hildenbrandtia*), il semble, pour le profane, qualifier bien mal les *Batrachospermum, Lemanea, Thorea*. Ces dernières, les plus grandes et les plus connues, ont des teintes variables: vert, olivâtre, brun noir, jamais le rouge franc de beaucoup d'algues marines.

Toutes possèdent pourtant de la phycoérythrine (2), et méritent ainsi leur nom. Mais la phycocyanine s'y superpose, en proportion variable selon les genres et les conditions de vie. On s'explique que le rouge et le bleu, alliés au vert de la chlorophylle, produisent les nuances les plus diverses.

Mieux que le pigment rouge, les caractères de la sexualité, connus dans la plupart des cas (3), font de ces Algues d'authentiques Rhodophycées.

La physiologie de ces plantes n'est pas aussi bien connue, il s'en faut, que leur structure ou leur développement. L'on possède assez peu de données sur la nature des composés chimiques qu'elles élaborent ; les corps dissous dans le suc cellulaire n'ont pas été étudiés ; ils ont échappé à l'examen histochimique, seul procédé de recherche

(1) Les *Porphyridium* sont souvent terrestres ou subterrestres.

(2) Dans le *Batrachospermum vagum*, la phycocyanine paraît exister seule à côté de la chlorophylle (Kylin).

(3) Dans le genre *Audouinella*, on ne connaît la reproduction sexuée que pour une seule espèce. La sexualité est très mal connue chez les *Thorea;* les métamorphoses ne permettent guère cependant d'éloigner ce genre des *Lemanea*.

Source MNHN Paris

couramment employé (1). Un meilleur succès semble réservé à la technique macrochimique, mise au point récemment dans l'étude des Algnes marines (Ricard [1], Guéguen [2]) (2).

Toutefois, pour de nombreuses espèces, de sérieux obstacles se présentent : la recherche chimique requiert en effet un poids notable d'algues propres. Or les *Porphyridium* sont unicellulaires; les *Audouinella*, filamenceux, mesurent quelques millimètres; les *Balbiania* sont de petits épiphytes des Batrachospermes; les *Hildenbrandtia* revêtent les pierres d'une mince croûte rouge : il est très difficile d'en entreprendre l'analyse.

Quelques espèces néanmoins, grâce à leur taille relativement grande, constituent un matériel favorable. C'est à leur étude que le présent travail est consacré, du point de vue spécial de la chimie des glucides. L'on a examiné les espèces suivantes :

Lemanea nodosa, Kütz.
Sacheria fucina, Sirdt.
Thorea ramosissima, Bory.
Bangia atropurpurea, Lb.
Batrachospermum moniliforme, Roth.

Les deux premières ont fait l'objet d'une analyse approfondie, exposée séparément ; cette analyse jette quelque clarté sur les données plus sommaires relatives aux trois autres espèces. Ces recherches nous furent inspirées par les récentes découvertes relatives aux Rhodophycées marines. A partir de *Rhodymenia palmata*, H. Colin et E. Guéguen [6, 7] ont isolé un hétéroside nouveau, le « floridoside », formé de l'union d'une molécule de galactose α et d'une molécule de glycérol. Le même glucide fut retrouvé par ces auteurs [8] dans *Furcellaria fastigiata*, et sa présence leur paraît certaine dans toutes les Floridées qu'ils ont étudiées jusqu'ici, au nombre d'une vingtaine.

Le floridoside se trouve-t-il dans les Algues rouges d'eau douce ? Y est-il seul présent, ou accompagné d'autres sucres ? Les conditions

(1) Tihomirow a tenté d'employer la phénylhydrazine comme réactif histochimique des sucres (Ann. du jardin bot. de Buitenzorg, Suppl. 3; 2. Leide 1910). Appliquée aux Algues rouges, la méthode n'a pas donné de résultats, ni à Kylin [3] ni à Mangenot [4].

(2) Tout récemment (1932), Haas et Hill ont recherché les polyols, par voie chimique, dans le *Batrachospermum moniliforme*. Le résultat de cette recherche fut négatif.

Source MNHN Paris

de vie très spéciales de ces plantes méritaient que la question fût soulevée : ainsi se trouve posé dans un nouveau domaine le problème, souvent débattu en botanique, des relations entre le chimisme et les affinités systématiques.

*
**

Contrairement aux sucres dissous, les glucides figurés, ainsi que la membrane cellulaire étaient à la portée de l'histologie.

On sait que les membranes des Lémanéacées, des Batrachospermes (Sirodot [9]), des *Thorea* (Möhius [10], Schmitz [11]) sont formées, pour une part au moins, de cellulose, qui bleuit sous l'action du chlorure de zinc iodé. Chez les Bangiales au contraire, cette réaction ne peut être obtenue (1).

Quant aux enclaves cytoplasmiques, l'histoire des observations peut être résumée ainsi :

Examinant les Algues suivantes : *Lemanea*, *Batrachospermum*, *Thorea*, *Chantransia*, *Porphyridium cruentum*, Nageli [2] avait en vain cherché l'amidon typique en grains.

Von Solms Laubach, en 1867 [13], observait que les spores de *Batrachospermum monilliforme* prennent dans l'eau iodée une teinte brun foncé, les autres cellules se colorant aussi, mais d'une nuance beaucoup plus pâle.

Errera, en 1882 [14] décrivit, dans les cellules de *Lemanea*, des amas granulaires devenant brun violacé au contact de l'iode. Il s'agit, écrit-il, d'un « hydrate de carbone qui semble se rapprocher à la fois du glycogène et de l'amidon. » Ce même corps doit exister, selon cet auteur, chez les Batrachospermes.

Les résultats dûs à Errera ont été récemment vérifiés et précisés par Mangenot [15]. Au cours d'une minutieuse étude cytologique des Lémanéacées, l'auteur décrit des granules colorables en brun par l'iode, répandus dans le protoplasme et les vacuoles, sans relation avec les plastes. Ils sont colorés en rouge par la résofuchsine, comme le glycogène.

Dans les cellules végétatives et les spores de *Thorea ramosissima*, Möhius [16], en 1891, décrivit des grains d'amidon accumulés surtout autour du noyau. Schmitz [17] fit remarquer peu après les caractères bien spéciaux de cet amidon : il s'agit non pas de grains individua-

(1) Cf. en particulier P. Dangeard, Traité d'Algologie, Paris 1933, p. 362.

Source MNHN Paris

lisés, mais d'une gelée en masses irrégulières, imprécises, prenant sous l'action de l'iode une teinte qui va du brun rouge au violet.

Les cytologues ont reconnu à tous ces caractères l'amidon particulier à beaucoup de Rhodophycées marines. Sa présence constitue même pour plusieurs naturalistes un caractère systématique important. Ainsi, en 1932, Geitler [18], rattachant aux Bangiales certaines formes d'organisation très simple (*Porphyridium*), invoque comme critère la présence de cette matière amylacée spéciale, séparée des chromatophores.

*
**

Or, ce que l'on désigne sous le nom d' « amidon floridéen » offre, dans l'ensemble des Rhodophycées, des caractères variables, en ce qui concerne la morphologie aussi bien que la coloration en présence d'iode. Dans plusieurs espèces marines, il s'agit d'une substance en gros grains, présentant la croix noire entre nicols à l'extinction, certainement très voisine de l'amidon typique des plantes vertes. Ailleurs, ce sont des granules plus ou moins agglomérés en plages, comme chez les *Bangia*.

Dans ces derniers cas, on peut se demander si le nom d'amidon convient encore à des produits caractérisés seulement par leur coloration assez variable en présence d'iode. Les cellules végétales ne sont pas rares, qui brunissent sous l'action de ce réactif : il n'est plus permis aujourd'hui d'y voir chaque fois une sorte d'amidon ou du glycogène.

Des exemples multiples ont fait reconnaître que les lois de l'adsorption, bien plus que l'affinité chimique, expliquent les colorations obtenues avec l'iode. On les trouvera cités en particulier par Czurda [19], dans une mise au point récente de ce sujet. Les membranes imprégnées de galacto-arabanes, dans certaines graines; les tubes criblés de nombreuses Ptéridophytes, les saponosides des Caryophyllées, certains alcaloïdes, et bien d'autres corps se colorent en bleu. Mais ce qui doit retenir surtout notre attention, c'est la teinte brune ou violette communiquée par l'iode à la gélose de nombreuses Rhodophycées (Sauvageau [20]). La confusion avec le glycogène serait facile en bien des cas.

Les histologistes qui se sont occupés de l'amidon floridéen ont senti le besoin d'un contrôle chimique à leurs observations (Mangenot [21]). Si l'on en juge d'après les derniers résultats, cette confron-

Source MNHN Paris

tation des disciplines histologique et chimique est vraiment nécessaire. Plusieurs cytologues avaient cru reconnaître la présence d'amidon dans *Rhodymenia palmata;* or, après analyse chimique, Guéguen [22], en 1931, conclut à l'absence d'amidon chez cette algue, au moins en quantité dosable.

⁂

Pour caractériser l'amidon, la technique macrochimique est loin d'être aussi simple que l'emploi du réactif iodé. Aussi les analyses de Rhodophycées — espèces marines comprises — sont-elles encore fort peu nombreuses. Hors celle que nous venons de citer, on n'en trouve que deux.

L'analyse de Errera [23] est la première en date. A l'appui de ses observations histologiques, l'auteur joint une étude chimique de la substance colorable par l'iode contenue dans *Lemanea annulata.* Il conclut à sa proche parenté avec le glycogène.

En 1913, Kylin [24], après avoir extrait mécaniquement les grains d'amidon de *Furcellaria,* les soumit à l'hydrolyse, et obtint une liqueur réductrice, à partir de laquelle il prépara la glucosazone.

Ce dernier résultat paraît probant. Mais il n'en va pas de même pour l'analyse ancienne de Errera. Nous démontrerons qu'en réalité, sa valeur n'est pas supérieure à celle de la réaction histochimique.

En présence de résultats si peu nombreux, la tâche s'impose aux chimistes d'apporter des analyses nouvelles et décisives. Nous avons essayé d'y prendre part.

⁂

Mon premier devoir est d'adresser à M. le professeur M. Molliard, membre de l'Institut, mes sentiments de respectueuse gratitude pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider cette thèse.

M. l'abbé Colin a été pour moi l'inspirateur et le guide que je ne saurais oublier. A M. l'abbé Frémy, je dois les récoltes abondantes de *Lemanea,* qui m'ont permis de travailler, ainsi que de précieux renseignements : je le prie d'accepter le témoignage de ma reconnaissance.

J'exprime aussi tous mes remerciements à M. le professeur Allorge, qui a bien voulu me guider dans la recherche des *Thorea.*

Source MNHN Paris

M. l'abbé Gaudefroy, professeur à l'Institut Catholique, s'est chargé, avec une grande complaisance, de plusieurs examens cristallographiques : qu'il daigne recevoir tous les remerciements de son élève.

A tous mes camarades de laboratoire, qui m'ont aidé de leurs conseils, j'adresse un sincère merci.

Source MNHN Paris

CHAPITRE PREMIER

LES CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES LÉMANÉACÉES

I. — DONNÉES MORPHOLOGIQUES

Les Lémanéacées ont fait l'objet de travaux descriptifs assez nombreux, celui de Sirodot [25] que nous avons consulté principalement, ceux de Keitel, d'Atkinson, plus récemment de Kylin [26]. Elles sont trop connues pour qu'il soit utile d'en reprendre la description, d'autant que l'on trouvera, résumé par G. Hamel dans la Revue Algologique ([27] II, p. 52, 1925) l'état de nos connaissances sur la morphologie, l'anatomie, le développement de ces Floridées.

Ce sont des Algues de pays siliceux, à sol granitique ou cristallophyllien. Aux environs de Saint-Lô, le cours de la Vire et des ruisseaux affluents présente une série de petits rapides. Les galets de phyllades y sont souvent tapissés d'un épais manteau de *Lemanea nodosa*, Kütz, vert olive ou brun rougeâtre. Ce sont des touffes de filaments non ramifiés, longs de 8 à 15 centimètres, épais d'un millimètre environ, s'effilant aux extrémités; ils présentent un aspect moniliforme typique, celui d'une enfilade de bobines serrées bout à bout. De 1930 à 1933, sous la conduite de M. l'abbé Frémy, professeur à l'Institut Libre de Saint-Lô, nous avons pu récolter une dizaine de kilos de cette algue, dès avril, quand les eaux sont assez basses, et jusqu'au mois d'août.

La pureté des récoltes était remarquable. Un triage sous l'eau, dans une cuvette à fond blanc, permettait d'enlever quelques larves d'insectes, quelques *Œdogonium* et des mousses. Il est bon cependant de séparer ou de nettoyer avec soin le disque, ou coussinet qui fixe les touffes.

Un épiphyte fréquent mérite ici mention : c'est la Floridée *Audouinella violacea* (Kütz) Hamel. Elle forme sur les *Lemanea* de

Source MNHN Paris

petites houppes de poils de 2 à 3 millimètres, clairsemées, ou plus souvent nombreuses et fondues en un revêtement pileux continu et dense. Souvent elle couvre en surface des touffes entières, et produit des taches rouge clair, plus ou moins violacé, sur le tapis olivâtre des *Lemanea*.

On a figuré (Pl. I, G) un rameau d'*Audouinella* montrant les spores arrondies, très abondantes au mois d'août, déjà nombreuses, sur certains échantillons, en avril. L'iode les colore en brun rougeâtre, mais la teinte est beaucoup plus pâle que celle des spores de *Lemanea*. Peut-être pourrons-nous tenter une analyse chimique de cet épiphyte, à la faveur de récoltes suffisamment abondantes.

A la fin de juillet, dans les stations ensoleillées de la Vire, les filaments de Lemanea s'altèrent, se fragmentent et sont emportés par le courant. A cette date, on peut encore se procurer des thalles en bon état dans les cascades ombragées des ruisseaux. Peut-être en raison de la moindre profondeur, les filaments y sont moins longs et plus fins que dans la Vire.

La même rivière nous a fourni des quantités importantes de *Sacheria fucina* Sirdt (1), de préférence en eau plus profonde. On en reconnaît à première vue les touffes très élégantes, d'un vert-bleu ou d'un vert franc. Les filaments, dépassant parfois 20 cm., assez ramifiés, surtout à la base, sont cylindriques; lorsque la saison s'avance, ils présentent des renflements annulaires bien nets, presque équidistants, parsemés d'éminences papilleuses noires.

Ces deux espèces sont organisées sur le même plan fondamental. Chaque filament est creux. La lumière du tube qu'il constitue contient au début un liquide aqueux; dès avril elle est envahie par des gonimoblastes, issus de carpogones intrapariétaux. Dans leur croissance vers l'axe, les bouquets de filaments sporifères se rejoignent, se déforment par leur pression mutuelle; la cavité est enfin complètement oblitérée. Les carpospores sont alors noyées dans une masse gommeuse, produit de la gélification de leurs membranes; elles se disperseront par désagrégation du thalle.

Dans la coupe transversale d'un filament de *Lemanea nodosa* récolté en juillet, on distingue ainsi : (Pl. I, C)

(1) *Lemanea fucina* Bory, et quelques autres, ont été réunies par Sirodot dans un genre nouveau : *Sacheria*; le reste des espèces du genre *Lemanea* Bory, conservant les anciennes dénominations. Ketel et Atkinson désignent ces dernières sous le nom de *Eulemanea*.

Source : MNHN, Paris

1°) la paroi, formée de plusieurs couches de cellules, les externes seules riches en pigment rouge; les internes plus grandes, revêtues d'un enduit mucilagineux épais, jaunâtre, fixant la safranine et le rouge de ruthénium.

2°) à l'intérieur, le bloc de gomme semi-solide où sont plongées les spores; le rasoir en entraîne plusieurs, et leur place reste marquée comme à l'emporte-pièce. Sur les bords, cette gomme est séparée de l'enduit cortical, d'origine différente; elle fixe également le rouge de ruthénium, mais la safranine la colore (au moins par places) en orangé.

Après action de l'acide sulfurique concentré, pendant quelques secondes, l'eau iodée teinte en bleu intense les membranes cellulaires, même celles des spores; les gommes restent incolores.

Les spores humides, en masse, sont d'un vert cendré. Au microscope, leur contenu apparaît comme une masse confusément granuleuse, verdâtre. Dans l'eau iodée, il se colore en brun cuivré, ou en brun violacé; on voit alors plus nettement un ou plusieurs corpuscules arrondis restés incolores.

Les cellules corticales, en juillet, contiennent aussi plus ou moins de matière granuleuse brunissant par l'iode, ainsi que l'ont décrit les auteurs.

Les filaments que nous étudions représentent une phase seulement dans le cycle de développement des Lémanéacées. Ils sont précédés, en hiver, par un gazon minuscule, le « chantransia », de 1 à 5 millimètres, monosiphoné. Sur lui prennent naissance, à partir de janvier, les appareils fructifères. Ils se développent à la manière de parasites, et le chantransia disparaît plus ou moins tôt. Ce dernier, pas plus que le tissu vivace adhérent à la pierre (protonéma), n'a pu être étudié ici, en raison de sa petitesse et des difficultés de la récolte, pendant les hautes eaux de l'hiver.

II. — DONNÉES CHIMIQUES

Bien qu'orientés surtout vers la recherche des glucides, nous avons saisi l'occasion d'étudier, dans ses grands traits, la composition minérale des Lémanéacées et leur teneur en azote.

Source MNHN Paris

1) *Teneur en eau*

Le 18 avril, sitôt la récolte, un lot de *Sacheria fucina* fut égoutté avec soin, asséché quelques instants dans un linge; les algues, pesant 150 grammes, furent étendues dans une pièce aérée. Après trois jours, le poids était de 13 gr. A l'étuve à 100°, il se stabilisait à 11 gr. 2. La teneur en eau était donc primitivement de 92 à 93 %.

Replacées à la température ordinaire, les algues, après trois jours, ont repris par hygroscopicité un poids d'eau voisin de 16 % du sec.

A la même date, d'après une expérience identique, *Lemanea nodosa* contient seulement 88 % d'eau.

L'écart entre les deux espèces est dû, en partie au moins, au développement moins avancé de la première : les *Sacheria* étaient encore à peu près vides de spores, alors que les *Lemanea* présentaient déjà une certaine quantité de gonimoblastes. La consistance de ces dernières semblait d'ailleurs, à première vue, moins aqueuse.

L'expérience, répétée pour *Lemanea nodosa* le 4 août, indique 22 % de poids sec, soit 78 % d'eau seulement. La sporulation était à son terme.

2) *Etude sommaire des cendres*

a) Quantité de cendres. — On récolte (en avril) un lot de *Lemanea nodosa* très propres. Après avoir rejeté la base des touffes, capable de retenir de la terre, on dessèche les algues à l'étuve à 105°. Un broyage rapide, à chaud, permet alors de les réduire en fragments d'un millimètre. On replace à l'étuve, et l'on prélève un poids déterminé de substance sèche. (8 gr. 682).

Un essai permet de reconnaître l'abondance des chlorures, facilement volatils, ce qui oblige à incinérer avec précautions. Les fragments d'algues sont d'abord grillés doucement sur un tesson de porcelaine chauffé par un bec Bunsen. Lorsque la plus grande partie du charbon a brûlé, la substance est d'un rouge ocracé, ce qui manifeste sa richesse en oxyde de fer. On lave alors les cendres à l'eau bouillante, jusqu'à ce que la liqueur obtenue ne donne plus aucun louche par addition de nitrate d'argent.

Source MNHN, Paris

La partie insoluble est ensuite desséchée, et l'incinération achevée au rouge franc du four à moufle. On lave une seconde fois à l'eau chaude, qui dissout d'ailleurs très peu de matière.

Les eaux de lavage sont évaporées, et le résidu sec calciné doucement, en creuset couvert, jusqu'à poids constant. Les cendres insolubles sont desséchées de leur côté.

Les résultats sont les suivants :

Cendres solubles	0,633	soit 61,7 % des cendres
Cendres insolubles	0,393	
TOTAL	1,026	soit 11,8 % du poids d'algues sèches; 1,4 % du frais.

Il apparaît que les *Lemanea* sont moins riches en sels que les algues marines étudiées jusqu'ici. Ainsi dans les Phéophycées, P. Ricard [28] a observé des teneurs de 20 à 40 % du poids sec, 4 à 5 % du frais; le minimum était 8,5 % du sec chez les *Laminaria saccharina*, en été.

b) Alcalinité des cendres. - Pour 1 gr. 026 de cendres, l'alcalinité soluble dans l'eau correspond à 13 cm³, 1 de SO^4H^2 décinormal (virage à l'hélianthine); les bases solubles dans l'acide étendu et froid correspondent à 41 cm³ 8.

c) Composition des cendres solubles. — Dans les cendres solubles, soit 0 gr. 633, on a dosé les chlorures et le potassium.

Les chlorures, par le nitrate d'argent. On trouve 0 gr. 3179, exprimé en KCl, soit la moitié des cendres solubles, 31 % des cendres totales, 3,6 % du poids d'algues sèches. La proportion de Cl dans les cendres totales est donc sensiblement de 14.7 %. (Comparez *Laminaria digitata* 17,2 %, *Fucus vesiculosus* 15,2 %, cité d'après M. Molliard [29], I).

Le potassium, à l'état de perchlorate (voir la technique dans Grandsire [30]). On trouve: K^2O: 35 % des cendres totales, 4,1 % du poids d'algues sèches (comparez *Laminaria flexicaulis*, stipe 33,7 % de K^2O dans les cendres, — lame 19,9 %; *Ascophyllum nodosum* : 12,8 %, cité d'après Sauvageau [31]),

Source MNHN Paris

Dans les cendres solubles de *Lemanea,* nous n'avons trouvé que des traces de nitrates et pas de phosphates; elles contiennent des chlorures, sulfates et carbonates de potassium et de magnésium.

3) *Teneur en azote total*

Par la méthode de Kieldahl on a obtenu les résultats suivants relatifs à *Lemanea nodosa :*

18 avril	poids d'algues séchées à 105°	0 gr. 401	azote %	5,2
4 août	—	0 gr. 398	—	5,4

Ces chiffres sont bien supérieurs à ceux qu'on donne pour certaines algues marines (Laminaires, Fucus : 1% environ).

Source MNHN Paris

CHAPITRE II

L'EXTRAIT ALCOOLIQUE DES LÉMANÉACÉES

I. — PRÉPARATION DE L'EXTRAIT; SES PROPRIETES PRINCIPALES

La fixation, première étape de l'analyse, a été pratiquée aussitôt que possible après la récolte et le nettoyage des algues. On les égoutte, on les pèse et on les jette dans de l'alcool à 90° bouillant, en quantité suffisante pour les baigner entièrement. L'ébullition maintenue 10 à 15 minutes anéantit les ferments et *fixe* les plantes dans l'état chimique où elles se trouvent lors de la récolte. Nos prédécesseurs dans l'étude chimique des algues (1) ont longuement insisté sur la nécessité de cette fixation, sans laquelle on s'expose à n'étudier ultérieurement que les diverses phases d'une autolyse.

Les algues étaient fixées de 4 à 7 heures après la récolte, plus rarement après un ou deux jours de voyage, et, dans ce cas, la composition de l'extrait alcoolique parut inchangée.

L'alcool diffuse aisément dans les minces cordons de *Lemanea* : il est donc inutile de les hacher; laissant les algues entières, on évitera la dispersion des spores, ainsi que la dissolution d'une substance cireuse, obstacle aux défécations.

En même temps qu'il assure la fixité chimique du matériel, ce traitement par l'alcool opère un premier tri des principes immédiats contenus dans les algues. Un petit nombre d'entre eux passent en solution, en particulier les sucres à petite molécule, dont la recherche doit nous occuper en premier lieu.

♣

Un lot de *Lemanea nodosa* pesant 1.300 grammes fut fixé aussitôt la récolte, le 3 août 1932. On obtint par décantation 3 litres 400 d'ex-

(1) Voir notamment E. Guéguen [32] p. 17, 22 et suivantes.

Source MNHN Paris

trait alcoolique d'un vert intense (1). La distillation sous pression réduite permet d'évaporer l'alcool à la température ordinaire, donc sans risque d'altération pour les principes dissous. Vers la fin de cette opération, les pigments s'insolubilisent (2).

La liqueur aqueuse, résidu de la distillation, fut amenée au volume de 325 cm³. Elle est d'aspect laiteux, d'une teinte vert jaunâtre, très peu visqueuse; son odeur forte rappelle celle de l'huile de foie de morue : c'est l'odeur des extraits analogues d'algues marines. La réaction est neutre ou très légèrement acide. La saveur est très amère, en raison de l'abondance du chlorure de potassium : les *Lemanea* en contiennent beaucoup, nous l'avons vu, et l'alcool de fixation le dissout facilement.

La simple filtration ne permet pas d'éclaircir suffisamment l'extrait pour qu'il soit observable au polarimètre. On y parvient en déféquant, par exemple au moyen de l'acétate basique de plomb. Ce réactif produit un floculat très abondant, que l'on filtre; le plomb en excès est éliminé, et l'on obtient une liqueur limpide, jaunâtre.

1°) *Cette liqueur est dextrogyre.* — Rapportons, selon l'usage, la déviation polarimétrique à une liqueur L_1 dont le volume en cm³ est exprimé par le même nombre que le poids en gr. des algues traitées. Cette déviation est :

$$\alpha_1 = + 3°$$

en lumière jaune du sodium, sous une épaisseur de 2 décimètres (3).

2°) *Cette liqueur n'est pas réductrice.* En recherchant les sucres réducteurs contenus dans 12 cm³ de la liqueur L_1, on n'en trouve que des traces, non dosables par la méthode de G. Bertrand [33]. (Méthode par réduction de la liqueur cuprotartrique).

Si l'on ajoute avant la défécation, une quantité minime de glucose, le pouvoir réducteur devient très appréciable. On a pu ainsi se convaincre que les *Lemanea* renferment moins de 0,04 de sucre réducteur libre pour 100 d'algues fraîches.

---

(1) La chlorophylle est altérée par l'ébullition. On peut en observer le spectre caractéristique dans les extraits alcooliques préparés à froid, comme l'ont signalé les auteurs.

(2) Triturés avec du chlorure d'antimoine, les pigments précipités prennent une teinte bleue (réaction des carotinoïdes).

(3) Dans la suite, les déviations polarimétriques seront observées au tube à 2 décimètres, sauf indication contraire.

Source MNHN, Paris

Il importe de noter que l'alcool de fixation ne dissout pas la totalité des substances dextrogyres contenues dans les algues. Quatre extractions par l'alcool à 70° bouillant ont été nécessaires pour les épuiser. On a traité ces extraits successifs comme le premier. Les déviations observées étaient :

$$\alpha_2 = +47'$$
$$\alpha_3 = +7'$$
$$\alpha_4 = 0$$

La liqueur L_4 est optiquement inactive, même réduite au vingtième de son volume, soit 65 cm³.

***

En répétant ces opérations à partir de 900 gr. de *Sacheria fucina*, récoltés le 19 juillet, on a obtenu des résultats analogues. Cependant l'extrait, non réducteur, est beaucoup moins dextrogyre.

$$\alpha_1 = +54'$$

A quel corps attribuer ces déviations positives ? Pour résoudre la question, il faut déféquer convenablement les liqueurs. Cette opération étant ici particulièrement difficile, nous devons nous y arrêter quelque temps.

II. — PARTICULARITÉS DE LA DÉFÉCATION

Le précipité produit par l'acétate basique de plomb est une bouillie verte qui reste longtemps en suspension. Supposons que l'on cesse l'affusion du déféquant lorsque les granules du floculat se précisent et que, après un moment de repos, une mince couche claire apparaît en surface. La filtration est alors facile. Le filtrat, jaunâtre, présente avec intensité les réactions du plomb; cependant, l'addition d'une goutte d'extrait de Saturne provoque encore un abondant précipité blanc verdâtre. Ce dernier est formé, pour une grande part, de chlorure de plomb, issu de la double décomposition entre le déféquant et les chlorures, abondants dans le milieu. Pour arriver au terme de la précipitation, il faut utiliser une grande quantité de sel de plomb; la liqueur se convertit alors en une bouillie très épaisse. L'opération n'est pas à conseiller : même en lavant avec soin le précipité, on perd

Source MNHN Paris

15 % environ du corps dextrogyre, par rapport au résultat d'une défécation partielle.

L'analyse des liqueurs traitées au plomb, donc incomplètement déféquées, est presque impossible. L'hydrolyse par les acides forts provoque un rougissement rapide, ce qui interdit l'usage du polarimètre; la quantité d'acide nécessaire à cette opération est considérable, et cela s'explique. Une grande partie des chlorures ont été remplacés par des acétates, que l'acide fort s'emploie à décomposer; l'acide acétique libéré n'est nullement équivalent, quant au pouvoir hydrolysant.

L'emploi de l'acide phosphotungstique en solution sulfurique (1) donne de meilleurs résultats. Chaque goutte de ce réactif provoque la formation immédiate d'un précipité blanc mêlé de petits flocons vert-jaunâtres. Bientôt le précipité se rassemble au fond d'une liqueur parfaitement limpide, presque incolore. A ce moment, une nouvelle goutte donne encore un précipité blanc très fin. On filtre; le floculat est essoré et lavé. On peut employer au lavage une solution où l'acide phosphotungstique est au même titre que dans le jus déféqué.

L'addition d'eau de baryte froide, jusqu'à réaction alcaline, élimine l'excès du déféquant (2). Le précipité jaunâtre est filtré; on amène à neutralité par SO^4H^2 dilué. Pour éviter les tâtonnements, il est préférable d'ajouter l'acide en faible excès, puis d'agiter au contact d'une pincée de CO^3Ba pur. Après quelques instants on filtre ; la liqueur neutre, presque incolore, est prête pour l'étude.

Malgré une filtration de plus, cette méthode décèle autant de produit dextrogyre qu'une défécation ménagée au plomb. Elle est préférable, car la liqueur obtenue est presque incolore, et l'hydrolyse acide

(1) Acide phosphotungstique ordinaire, pur, (P^2O^5, 12 TuO^3, 42 H^2O). 10 gr.
Acide sulfurique pur 5 gr. (soit 2 cm³ 9 d'acide de densité 1,833).
Eau Q. S. pour 100 cm³.
Pour simplifier, nous appellerons cette solution « l'acide phosphotungstique ».

(2) L'élimination n'est pas complète au moyen de CO^3Ba; quelquefois même il est nécessaire d'employer un grand excès de baryte et le précipité de tungstate ne se forme qu'à la longue.

Il est commode de déceler des traces de tungstène par la réaction suivante. On ajoute à 0,5cm³ environ de la liqueur un fragment de zinc et une goutte d'acide fort. En quelques minutes, l'action de l'hydrogène naissant donne lieu à une coloration bleue.

Source MNHN Paris

peut en être suivie jusqu'au bout. Le traitement (réaction très acide, puis alcaline) pouvait être dangereux pour un sucre réducteur ou facilement hydrolysable : rien de cela n'est à craindre avec un extrait de *Lemanea*.

Une grande quantité de réactif est nécessaire : plus de 0 gr. 4 de l'acide cristallisé pour 100 de plantes fraîches. C'est que le chlorure de potassium en soustrait une bonne part, à l'état de précipité pulvérulent, blanc. Une solution de KCl pur précipite ainsi abondamment par l'acide phosphotungstique. Le précipité est un sel de potassium; une certaine quantité de HCl se trouve libérée. Filtrons et neutralisons exactement *par la baryte*. La solution neutre filtrée précipite par l'acide sulfurique, elle renferme du chlorure de baryum. C'est une des raisons pour lesquelles l'extrait d'algues, après défécation et traitements subséquents, renferme du baryum, qui a remplacé une partie du potassium dans les chlorures.

L'acide phosphotungstique précipite aussi bien les autres sels solubles de potassium, mais non pas les sels de sodium et de magnésium. Or ce dernier métal existe dans l'extrait de *Lemanea*. L'addition de baryte provoque la précipitation de $Mg(OH)^2$, et le baryum remplace le magnésium dans ses sels. C'est là une seconde cause d'enrichissement de la liqueur en baryum soluble.

Il en est une autre qui intervient lorsqu'on neutralise l'acide sulfurique par le carbonate de baryum, à la température ordinaire, en présence de beaucoup de KCl. Une certaine quantité de baryum passe dans la liqueur, à l'état non seulement de bicarbonate, mais aussi de chlorure.

L'introduction du baryum est le seul changement notable dans la composition minérale des liqueurs, au cours de cette défécation. L'inconvénient de ce métal réside dans son pouvoir d'inhibition vis-à-vis des diastases : il faudra l'éliminer avant tout essai d'hydrolyse biochimique.

Une troisième méthode permet de clarifier l'extrait de *Lemanea* : la floculation au moyen d'un hydrate alcalino-terreux : baryte, strontiane ou chaux, à douce température. La baryte, plus soluble, est la plus commode.

Reprenons l'extrait de *Lemanea nodosa*, décrit au § 1. On en prélève 15 cm³, qu'on porte au bain-marie vers 40°. Ajoutons de l'eau

Source MNHN Paris

de baryte tiède. Il se forme des flocons, la liqueur jaunit, on perçoit une odeur ammoniacale. Pour une dilution et une quantité de baryte déterminées, les flocons se séparent, en masses bien définies, d'un liquide ambré. Ce dernier, filtré, ne flocule plus par affusion nouvelle de baryte. Le volume de la liqueur est alors de 27 cm³; le poids de baryte nécessaire a été de 1 gramme (pesée à l'état de cristaux hydratés).

Le floculat est lavé avec une solution convenable de baryte qui est réunie à la liqueur précédente. L'ensemble de ces liqueurs est neutralisé par SO^4H^2. On filtre et on amène à 50 cm³. La déviation polarimétrique est + 3° 42′.

Cette déviation dépasse celles qu'on obtient, dans des conditions comparables, après l'action des autres déféquants. Traitons en effet des volumes égaux, soit 15 cm³ d'extrait, par le sous-acétate de plomb et l'acide phosphotungstique, en diluant de telle sorte que le volume de la liqueur prête à filtrer soit, dans chaque cas, de 27 cm³. Chaque fois le floculat est lavé; on chasse l'excès de réactif et on amène à 50 cm³. Les déviations obtenues sont les suivantes :

Acétate basique de plomb	défécation à fond	+ 3°6′
	défécation modérée	3°36′
Acide phosphotungstique, défécation à fond....		3°32′
Baryte		3°42′

Ces différences, retrouvées plusieurs fois, dans des expériences analogues, semblent tenir surtout à la texture différente des précipités, qui entraîne une adsorption plus ou moins importante.

La floculation par les alcalino-terreux n'a pas d'autre avantage que la perte minima du produit dextrogyre; elle a le grave inconvénient de fournir des liqueurs d'un jaune ambré, qui fonce avec le temps.

Il n'est pas sans intérêt de préciser les conditions d'une bonne floculation. La concentration du milieu en alcalino-terreux intervient, mais celle des matières à floculer n'est pas moins importante. Il faut que l'extrait d'algues soit suffisamment étendu d'eau, sans quoi la baryte, même en grand excès, ne provoque qu'une floculation très mauvaise, un précipité infiltrable. En ce cas, il suffit souvent d'ajouter peu à peu de l'eau pure pour obtenir bientôt une floculation convenable.

Quel que soit d'ailleurs le déféquant, la concentration du milieu en eau est un élément très important de réussite.

Source MNHN Paris

Pour raison de solubilité, il faut opérer en milieu plus étendu avec la chaux qu'avec la baryte. Dans les liqueurs floculées à fond par la chaux, la strontiane ne produit rien de plus, la baryte un trouble.

En quoi consiste ici, au point de vue chimique, la floculation ? Il y a certes destruction de matières azotées, l'odeur en témoigne; précipitation de la magnésie, assez abondante; mais le milieu ne contient pas de glucide dont le composé barytique soit insoluble dans l'eau ou l'alcool.

On éliminera le plus commodément la baryte en excès par un courant de CO^2. Après destruction des bicarbonates, il reste une quantité importante de baryum précipitable par l'acide sulfurique. Nous avons parlé de son origine.

On peut déféquer de même manière les jus de *Sacheria fucina*, mais nous avons eu, en général, plus de difficultés.

III. — HYDROLYSE DES LIQUEURS

Les extraits déféqués renferment un corps dextrogyre — au moins un. Pour l'identifier, on l'a soumis aux agents d'hydrolyse suivants : l'invertine, les acides forts, l'autolysat de levure de brasserie.

A) *Essai d'hydrolyse par l'invertine.*

Ce ferment est inactif sur les extraits de *Lemanea* et de *Sacheria* (exempts de baryum) : ils ne contiennent donc pas de saccharose.

On mélange par exemple :

Extrait de *Lemanea nodosa*	$\alpha = +4°10'$	5 cm³.
Invertine (de levure putréfiée)		1 cm³.

Aucun pouvoir réducteur n'est apparu après 20 heures de séjour à 37°. Rien cependant ne paralyse la diastase : si l'on ajoute un centigramme de saccharose, l'interversion est terminée après quelques instants.

B) *Hydrolyse par les acides forts*

Les extraits sont additionnés d'acide chlorhydrique ou sulfurique. On a souvent utilisé HCl, à raison de 5 gr. pour 100 cm³ du mélange.

Source MNHN Paris

On vérifie que ce dernier n'est pas réducteur, et on note la déviation polarimétrique. Puis on le répartit dans des fioles jaugées, que l'on choisit d'orifice étroit, pour éviter l'évaporation. Celles-ci sont plongées ensemble dans un bain-marie bouillant ; on les retire successivement, par exemple après 15, 30, 45... minutes.

Après refroidissement et retour, par addition d'eau pure, au volume initial, on lit la déviation, et on détermine, par la méthode de G. Bertrand, le poids du réducteur apparu. Tant que ce dernier augmente, on continue l'hydrolyse.

A la fin, on compare la déviation α et le poids de réducteur p pour cent. Ce rapprochement est exprimé par un nombre, qui est le *pouvoir rotatoire spécifique* de la substance contenue à ce moment dans l'hydrolysat. On le désigne par $[\alpha]$, et on le définit par l'égalité :

$$[\alpha] = \frac{100\ \alpha}{p\ l}$$

l est la longueur, en décimètres, du tube polarimétrique.

On conçoit que la valeur de $[\alpha]$, qui est une constante des corps, puisse renseigner sur la nature des produits d'hydrolyse.

Voici les résultats de deux expériences relatives à *Lemanea nodosa* :

	Temps d'hydrolyse	Déviations	Réducteur % exprimé en galactose	$[\alpha]$
I. Récolte août 1932.				
	0	+ 5°53′	0	»
	30 m.	2°24′	1,25	»
	1 h.	2°18′	1,30	»
	1 h. 30 m.	2° 8′	1,32	80
	2 h. 30 m.	2° 4′	1,27	»
II. Récolte avril 1933.				
	0	+ 6°22′	0	»
	1 h.	2°40′	1,41	»
	1 h. 30 m.	2°40′	1,41	94
	3 h.	2°32′	1,39	»

Donc le milieu devient réducteur, cependant que la déviation, tout en restant positive, diminue beaucoup, de près des 2/3 de sa valeur initiale. L'hydrolyse complète demande plus d'une heure.

Ces premiers résultats sont très suggestifs, si on les rapproche

Source MNHN Paris

de ceux qu'obtint E. Guéguen [34] en analysant les Rhodophycées marines. L'extrait de *Rhodymenia palmata* renferme un corps très dextrogyre, respecté par la sucrase, hydrolysé par les acides forts (HCl 5 %) en 1 h. 15 environ. On sait que H. Colin et E. Guéguen ont réussi à préparer ce corps à l'état cristallisé, et l'ont nommé « floridoside ». Il est sucré, soluble dans l'eau et l'alcool, non réducteur; son pouvoir rotatoire est + 160 (pour le produit anhydre); il est formé d'une molécule de galactose α unie à une molécule de glycérol.

Nous avons pu disposer d'une certaine quantité de ce glucide à l'état pur, et nous en avons répété l'hydrolyse. Voici le résultat obtenu :

Temps d'hydrolyse	Déviations	Réducteur % exprimé en galactose	[α]
0	+ 6°43′	0	»
1 h. 15 m.	2°31′	»	»
1 h. 45 m.	2°27′	1,54	79,6
2 h.	2°27′	»	»

La ressemblance est manifeste entre cette hydrolyse et les précédentes.

Cependant, dans le cas des *Lemanea*, le pouvoir rotatoire spécifique, en fin d'expérience, s'écarte souvent de la valeur 80 correspondant au galactose; il oscille entre 70 et 90. Le rapport entre les déviations initiale et finale, égal à 2,8 dans le cas du floridoside, s'est aussi montré variable, entre 2,5 et 3.

Ces différences ne sont elles pas attribuables à l'insuffisante purification des liqueurs ? Celles-ci, bien que déféquées à fond par l'acide phosphotungstique, avaient pris une teinte rougeâtre, après une demi-heure seulement d'hydrolyse. Il fut nécessaire de les filtrer sur noir, ou de les diluer, ce qui diminue la précision des lectures au polarimètre.

*
**

On s'est donc efforcé de mieux purifier les liqueurs, avant l'hydrolyse. La solubilité du principe dextrogyre dans l'alcool fort, à chaud, autorise le procédé suivant.

La liqueur déféquée est évaporée à sec, sous pression réduite. On obtient une masse jaune-rouge, se ramollissant à chaud, hygrosco-

Source MNHN Paris

pique, pétrie de cristaux de KCl, et, pour cette raison, d'une amertume extrême. En agitant un certain temps dans l'alcool à 85, à l'ébullition, on dissout une partie du corps dextrogyre : on décante à chaud, laissant dans la masse pâteuse une grande quantité de pigments, de sels et de matières azotées.

La solution alcoolique est évaporée, et l'on reprend par l'eau. La liqueur obtenue, soumise à l'hydrolyse, jaunit beaucoup moins que l'extrait non purifié, et se prête à des observations plus précises. En voici un exemple (*Lemanea nodosa*, juillet 1930).

Temps d'hydrolyse	Déviations	Réducteur % exprimé en galactose	[α]
0	+ 5°19′	0	»
30 m.	2°34′	1,08	»
1 h. 20 m.	1°55′	1,28	70
1 h. 40 m.	1°51′	1,29	71

Malheureusement, la précision est obtenue au prix d'une perte énorme de produit : les trois quarts sont retenus dans la mélasse.

Disposant de quelques kilos d'algues, nous avons pu répéter plusieurs fois la même purification, en remontant progressivement le titre de l'alcool jusqu'à 95°. L'hydrolyse du produit le mieux purifié suit la marche que voici :

Temps d'hydrolyse	Déviations	Réducteur % exprimé en galactose	[α]
0	+ 3°18′	0	»
1 h.	1°18′	»	»
1 h. 20 m.	1° 8′	0,73	»
1 h. 40 m.	1° 8′	0,73	77

*
**

On a purifié de même un extrait de *Sacheria fucina* (récolte de mai 1931), dont l'hydrolyse, après simple défécation, donnait des résultats trop imprécis. Il faut employer ici, d'emblée, l'alcool très fort (90-95°), car l'alcool à 85° dissout en totalité la substance desséchée.

L'hydrolyse après purification, donne le résultat suivant :

Temps d'hydrolyse	Déviations	Réducteur % exprimé en galactose	[α]
0	+ 7°25′	0	»
1 h.	2°43′	1,60	»
1 h. 15 m.	2°33′	1,75	73
2 h.	illisible	1,77	»

Source MNHN, Paris

***

Après cette étude des extraits purifiés, il est possible de comparer, de façon précise, le floridoside et le produit dextrogyre des Lémanéacées. Le lecteur a déjà remarqué que, pour ce dernier, le pouvoir rotatoire, après hydrolyse, est systématiquement inférieur à celui du galactose (soit + 84,36 — 0,21 *t*, c'est-à-dire + 81 à 15°). La valeur qui s'en écarte le moins ([α] = + 77) a été trouvée dans le cas d'un extrait purifié à fond, par reprise à l'alcool jusqu'au titre de 95°. Les valeurs dépassant 80 n'ont pas été retrouvées.

Dans les extraits d'algues hydrolysés, il n'est guère possible de déceler de petites quantités de glycérine, mais on peut obtenir la *galactosazone,* bien que la richesse du milieu en sels soit très gênante. En vue de cette préparation, il faut effectuer l'hydrolyse de l'extrait au moyen de l'acide sulfurique, facile à éliminer sous forme insoluble (SO^4Ba). Nous avons obtenu plusieurs fois, mais avec beaucoup de peine, les cristaux aplatis et groupés en rosette, caractérisant la *galactosazone;* cependant — résultat inattendu — ils étaient mélangés de cristaux très semblables à la glucosazone.

En somme, nous avons précisé les différences entre les extraits de *Lemanea* et ceux de *Rhodymenia;* mais la présence de floridoside, dans les premiers, est une hypothèse très admissible.

C) *Hydrolyse par l'autolysat de levure de brasserie*

Abandonnons à l'autolyse, sous toluol, de la levure basse de brasserie délayée dans l'eau. Au bout de quelques mois, on dispose d'une liqueur claire qui jouit, entre autres, de la propriété suivante : ajoutée en petite quantité à du floridoside, elle l'hydrolyse complètement, en deux ou trois jours, à 37° (Guéguen [35]. Cette « α — galactosidase » peut se conserver plusieurs années. Nous nous sommes servi d'un autolysat d'un an, non réducteur et à peu près inactif sur la lumière polarisée, même après hydrolyse par les acides.

Un extrait de *Lemanea nodosa* (récolté en août), déféqué au plomb, est additionné d'autolysat à raison de 20 cm³ pour 100 cm³ d'extrait. Le pH est très voisin de 7. On place dans l'étuve à 37°. Chaque jour on examine au polarimètre, après filtration, car la liqueur se trouble. Il se produit une hydrolyse :

Source : MNHN, Paris

d'hydrolyse Temps	Déviations	Réducteur % exprimé en galactose	[α]
0	+ 3°28′	0	
1	2° 8′	»	
3	1°48′	»	
4	1°48′	»	
10	1°48′	0,70	128

Après quoi l'attaque fermentaire ne progresse plus. Mais l'hydrolyse peut être continuée par l'action des acides. Le dixième jour, prélevons dans plusieurs tubes 2 cm³ de la liqueur, et traitons par l'acide sulfurique à 2 %. La quantité de réducteur augmente, et l'on atteint le terme de l'hydrolyse déterminé dans le précédent paragraphe.

15 m.	0,92
30 m.	0,95
45 m.	0,92

Pour quelle raison l'hydrolyse diastasique reste-t-elle incomplète ? Ne faut-il pas incriminer les sels, qui, présents en forte proportion dans le milieu, précipitent partiellement l'autolysat ? Il ne le paraît pas, car, au dixième jour, le ferment a gardé une activité appréciable.

En effet, ajoutons à la liqueur quelques cristaux de floridoside. Sitôt la dissolution, la déviation est :

+ 2°48′

et le lendemain on lit + 2°28′

Le floridoside ajouté a été totalement hydrolysé (1).

Il semble donc exister, dans l'extrait de *Lemanea*, deux substances dextrogyres hydrolysables par les acides, mais dont l'une seulement est tributaire de l'autolysat.

Dans l'expérience précédente, le pouvoir rotatoire spécifique, au terme de l'action diastasique, est voisin de 130. En étudiant la liqueur de seconde extraction alcoolique L_2 des mêmes algues (cf. p. 11), on a trouvé la valeur 111, et 108 pour l'extrait L_1 des *Lemanea* récoltés en avril. Les extraits de *Sacheria*, plus colorés et moins riches en sucre, n'ont pu être étudiés avec la même précision ; il est certain cependant que l'autolysat les hydrolyse, mais partiellement.

(1) Il ne faut pas étudier l'hydrolyse diastasique d'extraits trop concentrés ($a > 6°$ par exemple, pour *Lemanea*). L'action inhibitrice des sels est alors très marquée. L'hydrolyse reprend d'ailleurs quand on dilue le milieu, en maintenant fixe le % d'autolysat. — On a constaté que l'autolysat est peu sensible au KCl pour les concentrations inférieures à 2 p. 100.

Source MNHN Paris

D. — *Conclusion.*

En résumé, le constituant dextrogyre des Lémanéacées fait penser au floridoside par son pouvoir rotatoire élevé et l'allure de son hydrolyse sous l'action des acides. Cependant il s'en distingue en ce que :

1°) Le pouvoir rotatoire, après hydrolyse complète, est sensiblement inférieur à celui du galactose ;

2°) L'hydrolyse par l'autolysat de levure basse reste incomplète.

Il ne semble possible d'identifier ce principe qu'après l'avoir obtenu à l'état de pureté. Cette préparation fait l'objet du prochain chapitre.

Source MNHN Paris

CHAPITRE TROISIEME

LA PRÉPARATION DES PRINCIPES SUCRÉS A L'ETAT PUR, ET LEUR IDENTIFICATION

I. — TECHNIQUE

Les filaments fructifères des Lémanéacées atteignent leur pleine maturité au mois de juillet, ou même en août; c'est alors qu'elles sont le plus riches en glucides et qu'il convient de les recueillir. Nous n'avons pas encore pu suivre régulièrement les variations saisonnières de la teneur en principe dextrogyre, mais ces variations sont manifestes dans les quelques données ci-dessous. Les déviations polarimétriques indiquées correspondent à l'épuisement complet des thalles par l'alcool.

Lemanea nodosa		*Sacheria fucina*	
17 avril 1933	1°49′	17 avril 1933	+ 13′
19 juillet 1930	2°36′	19 juillet 1930	1°10′
3 août 1932	3°54′		

Etudiant les *Rhodymenia*, Guégueu [36, p. 40] obtenait des déviations bien supérieures (en 1927 maximum 17°10′; en 1928 minimum, en janvier, 0°52′, maximum, en août, 27°20). S'il faut parler du floridoside à propos des *Lemanea*, on ne peut guère compter sur des teneurs dépassant 1 % du poids frais.

La faible proportion du sucre devant les impuretés diverses, les sels surtout, en rend l'extraction très laborieuse; les pertes sont considérables; aussi fallut-il traiter environ 12 kilos d'algues pour obtenir quelques grammes de produit pur.

Source MNHN Paris

***

La fixation et les épuisements à l'alcool sont une technique longue dont on peut se passer dans le cas présent. Il est possible d'épuiser les algues, sitôt la récolte, par l'eau bouillante : on les y plonge *entières,* et on maintient une dizaine de minutes la température au voisinage de 100°, tout en agitant. Dans ces conditions, les filaments étant entiers, il ne diffuse que très peu de gomme et pas du tout de glycogène, mais le produit dextrogyre se dissout, plus facilement que dans l'alcool. Il faut se garder de fractionner les thalles, ce qui entraînerait la dissolution d'une grande quantité de matière gommeuse, éventuellement accompagnée de glycogène, et la dispersion des spores.

La chlorophylle reste, bien entendu, dans les algues, mais le pigment rouge diffuse, devenant brunâtre par la chaleur.

On a fait l'essai de ce procédé sur 1290 gr. de *Lemanea nodosa*, récoltés en avril 1933, qui furent traités par 2 litres 5 d'eau distillée. On décante 2 litres 29 de liqueur rougeâtre, non visqueuse, qu'il est possible d'examiner au polarimètre après filtration sur amiante. On lit $+ 46'$; soit, en ramenant au volume 1290 cm³,

$$\alpha_1 = 1°21'$$

Avec la liqueur de Fehling, cet extrait ne donne lieu à aucune réduction, mais à un précipité floconneux. L'acide sulfurique produit un léger floculat, de nature azotée semble-t-il; les alcalis, surtout à chaud, provoquent un floculat plus abondant, soluble dans l'acide acétique, en partie minéral (magnésie...) ; — par l'acétate basique de plomb, on obtient un précipité volumineux, dont la séparation modifie très peu l'activité optique de la liqueur.

Un second et un troisième traitement nous donnent :

$$\alpha_2 = + 34'$$
$$\alpha_3 = + 9'$$

Un quatrième fournit, après concentration 320 cm³ de liqueur légèrement positive.

La déviation totale $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$ atteint donc 2°4', valeur notablement supérieure à celle qu'on obtient par épuisement alcoolique. Il faut remarquer qu'on évite ici les pertes par défécation, et que les lectures polarimétriques sont imprécises.

On a également épuisé par l'eau 550 gr. de *Sacheria fucina*. On a trouvé $\alpha_1 + \alpha_2 = 22'$, au lieu de 13', par épuisement à l'alcool.

Source MNHN Paris

*
**

Si l'on ne peut traiter les Algues sitôt la récolte, il n'y a pas inconvénient à les faire sécher à l'air, pour les épuiser à loisir plus tard, par l'eau ou l'alcool : le produit destrogyre ne suit pas d'hydrolyse sensible au cours de la dessication. 250 gr. de *Lemanea* ont été ainsi séchés séparément, au moment de la récolte d'avril; au mois de septembre ils furent épuisés par l'alcool. Après défécation par la baryte, la déviation observée fut

$$\alpha_1 = +1°57'$$

6 cm³ de la liqueur ne contenaient pas trace de réducteur.

On a donc pu utiliser les algues ainsi séchées, en vue de la préparation des sucres; elles ont été épuisées de préférence par l'eau, comme les algues fraîches.

*
**

Le problème de la purification des extraits nous propose à éliminer des matières organiques et des sels. Les deux tâches sont en étroite dépendance : les procédés de défécation ne doivent pas introduire de sels nouveaux; la présence des sels limite la défécation. Il faut donc avoir recours, d'abord et autant que possible, aux agents physiques capables d'éliminer ensemble les deux sortes d'impuretés, ainsi l'alcool. Pratiquement, on ne peut utiliser en premier lieu l'alcool que pour les extraits aqueux exempts de chlorophylle. On a donc adopté la technique suivante :

1) *Traitement des extraits aqueux*

Les extraits aqueux de *Lemanea* sont concentrés tels quels à douce température, jusqu'au volume de 70 cm³ environ par kilo d'algues (de juillet). La liqueur obtenue a la couleur du café; elle est amère. Lorsqu'elle est encore chaude on ajoute peu à peu et en agitant, de l'alcool à 95. Il se produit bientôt un précipité; on continue l'addition d'alcool jusqu'à un volume environ, puis on expose au froid modéré (+ 5°...). A intervalle de quelques jours, on enrichit progressivement en alcool. Les parois du flacon se couvrent de cristaux de KCl. Au bout de quelque temps la liqueur est devenue jaune clair, limpide; au fond, se trouve une masse onctueuse jaune rouge, mélange de

Source MNHN Paris

pigments, de matières azotées et gommeuses, riche en sels, mais contenant aussi une certaine proportion de corps dextrogyre. La faible solubilité de ce dernier impose une limite à la purification par l'alcool, et les ménagements que nous signalons.

On a traité ainsi, par exemple, l'extrait aqueux de 1450 gr. de *Lemanea* récoltées en août. Réduit à 100 cm³, il fut progressivement additionné de 2 volumes d'alcool à 95. Lorsque le dépôt de sel parut terminé, la liqueur fut décantée et l'alcool chassé : on disposait alors d'une liqueur dont la déviation, rapportée à 1450 cm³, était de 2°26′.

Le précipité fut repris par l'eau, où il ne se dissout qu'en petite partie. Cette solution, desséchée, fut traitée jusqu'à épuisement par l'alcool à 80 bouillant. La déviation de la liqueur obtenue, sous le volume de 1450 cm³, était de 23′. Le précipité avait donc retenu 13 à 14 % du produit dextrogyre.

Après séparation du précité, qui est conservé, les liqueurs ainsi purifiées par l'alcool sont déféquées au moyen de l'acide phosphotungstique. Dans l'exemple que nous citons, le volume fut, à cette fin, amené à 150 cm³ environ.

2) *Traitement des extraits alcooliques*

Après évaporation de l'alcool, on défèque modérément par l'acide phosphotungstique. Puis on concentre sous vide, à consistance presque sirupeuse. On ajoute alors de l'alcool fort, comme il est indiqué plus haut. Par rapport au cas précédent, l'ordre des opérations est interverti ; le résultat est souvent moins bon.

***

A la suite de ces traitements, la purification reste très incomplète. On a tenté de la continuer au moyen de l'alcool, selon le procédé indiqué au précédent chapitre, savoir dessication et reprise par un peu d'alcool fort, décantation et évaporation de la solution alcoolique, nouvelle reprise par de l'alcool en moindre volume, ou de titre supérieur, et ainsi plusieurs fois de suite. Nous espérions obtenir bientôt une solution assez pauvre en sels et riche en sucre pour que celui-ci pût cristalliser.

Après plusieurs mois d'essais, il fallut y renoncer. La solubilité du chlorure de potassium dans l'alcool, déjà notable quand le sel est

Source MNHN Paris

pur, augmente beaucoup en présence du sucre, surtout à chaud, même dans l'alcool presque absolu. D'autre part, après chaque dessication, une petite fraction seulement de la matière peut être dissoute utilement, même après ébullition prolongée. Il en résulte que la liqueur la plus pure que l'on peut obtenir ne contient guère moins de sel que de sucre, et encore l'obtient-on en quantité minime.

*
**

Il faut donc recourir à un procédé chimique pour éliminer les chlorures. Lorsqu'on soustrait d'un milieu les ions Cl ou K par les réactions de précipitation connues en analyse, on les remplace nécessairement par d'autres ions ou par des radicaux. La présence de ceux-ci serait au moins aussi gênante pour nous : on ne peut songer à utiliser le nitrate d'argent, ni l'acide chloroplatinique, pas plus que les acides perchlorique ou tartrique.

Le problème paraissait sans issue, quand une note de G. Austerweil [37], au sujet de certaines zéolithes, nous fournit, de façon très opportune, une élégante solution. Ch. Jeanprost a exposé l'application du procédé dans un article (1) que nous avons consulté avec profit.

On sait que les zéolithes (naturelles ou synthétiques) sont des silicates complexes, très peu solubles dans l'eau, dont un métal de la molécule est susceptible de permuter avec un ion métallique d'une solution ambiante. On leur donne souvent, pour cette raison, le nom de permutites ou d'échangeurs de bases. Leur usage est courant pour l'adoucissement des eaux naturelles. Ainsi, lorsqu'on filtre une eau séléniteuse à travers une colonne de zéolithe sodique, la zéolithe devient calcique et le sodium passe en solution à la place du calcium.

La note citée ci-dessus expose les propriétés conférées aux zéolithes par un choix judicieux de leur métal mobile. Introduites dans la solution d'un sel, ces zéolithes appropriées provoquent le passage de l'anion aussi bien que du cathion à l'état de combinaisons insolubles. Dès lors la molécule entière du sel est éliminée de la liqueur.

Considérons par exemple une zéolithe argentique. Si l'on agite dans la solution d'un chlorure — soit KCl — il se forme du chlorure d'argent et de la zéolithe potassique. Ces deux corps étant insolubles, la réaction est totale dans le sens indiqué. On possède ainsi le moyen

(1) Bull. chim. Sucr. Distill. 49, 1932, p. 206.

Source MNHN, Paris

d'éliminer complètement les chlorures contenus dans une liqueur, sans y introduire aucun corps soluble.

Nous avons appliqué cette méthode avec pleiu succès aux extraits de *Lemanea*, si riches en KCl.

La zéolithe synthétique de la société Zerhyd (10, avenue George V, à Paris) a été traitée par une solution de NO^3Ag. Le silicate saturé d'argent est ensuite soigneusement lavé; il se conserve bien à l'obscurité. Il ne diffère pas par l'aspect du produit sodique : c'est un sable grossier blanc nacré.

*
**

Après la purification par l'alcool et la défécation, les extraits d'algues sont agités au contact de la zéolithe argentique. Il se produit bientôt un trouble blanc de chlorure d'argent, qui peu à peu devient un véritable précipité, blenissant. De temps en temps, on filtre quelques gouttes de la liqueur, qu'on additionne de nitrate d'argent : on constate ainsi que la réaction des chlorures diminue d'intensité, jusqu'à disparaître. A ce moment, la liqueur ne contient pas non plus de potassium, barynm, magnésium ou argent. On filtre, et on lave la masse de zéolithe et de Ag Cl, pour éviter toute perte. S'il subsiste un louche dans le filtrat (AgCl colloïdal, Ag réduit) on traite par un courant de H^2S, et on filtre sur amiante.

Ce traitement donne d'excellents résultats : les chlorures sont radicalement éliminés, et la perte de produit est très faible. Cependant, il n'est applicable qu'à des extraits déjà purifiés comme on l'a indiqué, au moins par un traitement à l'alcool fort. Autrement, le travail de la zéolithe paraît interminable : dans un milieu trop riche en matières organiques, l'activité de celle-ci est considérablement diminuée. Il faut donc d'abord déféquer, puis éliminer les chlorures en liqueur suffisamment étendue.

Après ces opérations, les extraits, à peu près exempts de sels, contiennent encore des impuretés organiques qui les colorent en jaune ambré. On les concentre, et on défèque par l'acétate basique de plomb, opération très efficace en l'absence de chlorures. L'excès de réactif est éliminé au moyen de H^2S, et l'on amène, en évaporant sous vide, à consistance sirupeuse. Jaune clair, nettement sucré, le sirop est prêt pour la cristallisation.

Par exception les cristaux apparaissent au cours de la concentration ; le plus souvent, ils se montrent au bout d'un jour ou de quelques jours.

Source : MNHN, Paris

II. — DESCRIPTION DES PRODUITS CRISTALLISES

Sur les parois des ballons, on pouvait distinguer des prismes allongés, groupés autour d'un centre, et, ailleurs, de petits prismes courts, isolés. Plusieurs lots d'algues avaient été traités séparément, et les sirops plus ou moins purifiés : certains laissaient déposer l'une des formes seule, d'autres présentaient les deux espèces de cristaux juxtaposées. S'agissait-il d'un corps dimorphe, ou de deux combinaisons différentes ?

L'heureux partage des cristaux et leurs différences microscopiques permirent de faire deux lots. Les prismes allongés étaient l'espèce de beaucoup la plus abondante; il nous fut facile de les identifier au *floridoside*.

A) *Le floridoside*

Après deux nouvelles cristallisations dans l'eau, le produit presque blanc fut repris par l'alcool à 95° bouillant. Par refroidissement lent apparurent de petits cristaux groupés en oursins, que l'on recueillit et lava rapidement à l'alcool à 80°. On obtint environ 8 grammes de produit sensiblement pur, présentant les propriétés suivantes :

1° Caractères cristallographiques. — D'après M. Gaudefroy, les cristaux nés dans l'eau sont des prismes orthorhombiques, à biréfringence forte et négative. L'un d'eux, placé dans une solution saturée de floridoside, s'y accroît; de même, un cristal de floridoside s'accroît dans une solution saturée du corps à l'étude.

2° Le produit renferme 6,9 % d'eau de cristallisation, dans laquelle il fond à 86-87° (détermination au tube capillaire).

La saveur est nettement sucrée, sans amertume.

0 gr. 300 de cristaux furent dissous dans 20 cc. d'eau. La liqueur obtenue est dextrogyre $\alpha = +4°32'$. D'où le pouvoir rotatoire spécifique $[\alpha]_D = +151$ (floridoside : 149-150).

3° Composition chimique.

La même liqueur fut additionnée de 5 %, en poids, d'acide sulfurique, et portée au bain-marie bouillant. Voici la marche de l'hydrolyse :

Source MNHN Paris

Temps	Déviations	Réducteur % (en galactose)	$[\alpha]_D$
0	+ 4°23′	0	
1 h	1°32′	—	
1 h 10 m	1°30′	0,96	78

L'action de l'autolysat de levure basse conduit au même résultat, en deux jours, à 37°.

En vue d'identification des produits d'hydrolyse, deux grammes de cristaux furent dissous dans 20 cc. d'acide sulfurique à 0,2 %, et portés pendant une heure à 120°. La liqueur, qui jaunit légèrement, fut neutralisée par le carbonate de baryum et concentrée à sirop. Au bout de deux jours, une cristallisation commençait. Après lavage rapide à l'alcool, puis à l'éther acétique bouillant, le produit cristallisé, de saveur sucrée, put être facilement identifié au *galactose*. Nous en avons obtenu plus de 800 mgr.

Fig. 1. — Tréhalose et Fioridosine (gros[t] : 10 D).

Dans la liqueur mère des cristaux, dont la saveur chaude est à noter, on a pu montrer la présence de *glycérol*. Dans ce but, on la déssécha sous le vide, et le résidu fut longuement agité dans 50 cc. d'éther acétique bouillant, solvant du glycérol, mais non du galactose. La substance extraite par l'éther présente les propriétés suivantes :

a) elle est optiquement inactive, non réductrice.

b) après oxydation par le brome, elle réduit nettement la liqueur de Fehling à froid.

c) chauffée avec du bisulfate de potassium sec, elle produit des vapeurs âcres, réduisant le nitrate d'argent ammoniacal. donne naissance à de petites aiguilles cristallines caractéristiques (tribenzoate de glycérol).

d) en présence de chlorure de benzoïde et de soude concentrée, elle

Il est facile de conclure : le glucide de *Lemanea*, galactoside du glycérol, est bien identique au floridoside, dont il possède toutes les propriétés.

B) *Le tréhalose*

Dans la préparation microscopique figurée ici, le contraste est manifeste entre les prismes allongés du floridoside et les cristaux dont la nature reste à fixer. Ceux-ci sont orthorhombiques comme les premiers, mais courts, de forme bien différente, et surtout leur biréfringence est faible et positive.

Deux cristallisations dans l'alcool à 90-95 assurent une purification suffisante. Le floridoside, bien plus soluble, est facilement séparé. Nous avons obtenu 2 grammes de cristaux incolores, de saveur sucrée, dont voici quelques propriétés :

1° Ils renferment 9,5 % d'eau ; ils fondent en se déshydratant à 99-100° (au tube capillaire). Le produit anhydre ne se fluidifie plus ensuite qu'à 205-210°.

2° On dissout 0 gr. 300 de cristaux dans 200 cm³ d'eau. La déviation est, à 15°

$$\alpha = +5°15'$$

le pouvoir rotatoire spécifique $[\alpha]_D$ est donc $+175$, pour le corps hydraté.

3° La liqueur ainsi obtenue est hydrolysée au bain-marie, par l'acide sulfurique (5 % en poids).

Temps.	Déviation	Réducteur % (en glucose)	[α]
0	5°5′		
3 h	2°8′		
6 h	1°34′		
8 h	1°26′	1,39	51

Après neutralisation, nous avons pu préparer la glucosazone typique.

4° Le corps étudié n'est pas hydrolysable par l'autolysat de levure basse.

Les premiers résultats obtenus nous ont déterminé à comparer,

Source MNHN Paris

dans une étude parallèle, les caractères du corps inconnu et ceux du *tréhalose* pur. Il devint évident que nous avions affaire à des produits identiques.

⁂

Les sirops de *Lemanea nodosa* contiennent donc deux glucides, le floridoside et le tréhalose. Le premier est de beaucoup le plus abondant. La présence de ces corps rend compte des caractères analytiques des extraits, exposés dans le précédent chapitre. Au floridoside les hydrolyses acides et diastasiques doivent leurs caractères d'ensemble; les anomalies de détail sont le fait du tréhalose.

Ce bioside est très difficile à hydrolyser par les acides, et livre exclusivement du glucose : au cours de l'hydrolyse des extraits d'algues, plus ou moins impurs, l'attaque du tréhalose peut rester incomplète et le pouvoir rotatoire « final » dépasser de ce chef la valeur 80. Dans le cas contraire, le glucose libéré peut suffire à abaisser ce pouvoir vers 70.

Le tréhalose n'est pas tributaire de l'autolysat de levure basse, au moins de l'autolysat vieilli. Ainsi s'explique l'arrêt observé au cours des hydrolyses diastasiques. On peut trouver là le principe d'un dosage approché du tréhalose. Ainsi, au mois d'août, la liqueur de fixation alcoolique de *Lemanea nodosa* renferme à peu près 5 fois moins de tréhalose (0,19 gr. % d'algues fraîches) que de floridoside (0,98 gr. %).

De nouvelles recherches seront nécessaires pour déterminer les rapports des deux sucres au cours de la végétation. L'hydrolyse diastasique ne peut rendre de services analytiques que si elle porte sur des liqueurs assez propres; or les traitements préalables risquent fort d'altérer les proportions des sucres. Si l'on pousse assez loin la purification par l'alcool, on élimine peu à peu des extraits le tréhalose, moins soluble que floridoside. Nous avions effectivement constaté (page 27) que les liqueurs les mieux purifiées par ce moyen ressemblaient davantage au floridoside pur. On s'explique de même façon que certains sirops, qui provenaient de la reprise des mélasses, aient fourni en premier jet des cristaux de tréhalose

⁂

Un lot mélangé de *Sacheria fucina* et *Lemanea nodosa* nous a donné les mêmes produits cristallisés que cette dernière espèce seule,

Source MNHN Paris

mais nous n'avons pas eu encore l'occasion de traiter les *Sacheria* à l'état pur. Il est probable cependant, d'après l'ensemble des précédents résultats, que le même mélange de sucres existe dans les deux plantes.

La caractérisation du floridoside chez les Lémanéacées donne une réponse à la question des rapports entre biochimie et systématique, qui se posait à nous au début de cette recherche. Les *Lemanea* ne sont certes pas parentes proches des *Rhodymenia,* et leur écologie est bien différente. Le floridoside, élaboré ici et là, exprime bien, semble-t-il, les similitudes profondes qui définissent les Rhodophycées.

*
**

Quant au tréhalose, c'est, à notre connaissance, la première fois qu'on l'extrait d'une algue, le sucre considéré comme tel par Kylin, dans les *Rhodymenia,* étant en réalité le floridoside (Guéguen [38], p. 25-26).

Commun chez les champignons, ce sucre semble très rare, au contraire, dans les plantes autotrophes. On l'a signalé chez quelques Phanérogames, mais à la suite d'une invasion parasitaire par des Champignons, ainsi dans une Avoine sauvage attaquée par un ergot (v. Lippmann [39]), ou bien en dehors des conditions normales de vie, ainsi dans un *Carex,* après une gelée survenue au mois de juillet (v. Lippmann [40]).

Les Sélaginelles sont les seules plantes vertes où la présence normale du tréhalose soit certaine. Il fut extrait d'abord par Anselmino et Gilg [41] d'une espèce xérophile de l'Amérique tropicale, *Selaginella lepidophylla,* parvenue en Europe comme une curiosité (à la manière d'une rose de Jéricho). Plus récemment Yamashita et Sato [42] ont obtenu le même glucide à partir de 21 espèces de Sélaginellacées du Japon.

On sait que, chez les Champignons, le tréhalose est fréquemment accompagné de mannitol. La même association se retrouve-t-elle dans les *Lemanea* ? (1).

(1) Bien que le mannitol n'ait pas encore été trouvé dans les Algues rouges, les polyols ne sont pas étrangers à ce groupe ; le dulcitol a été signalé dans *Iridaea laminarioides* (Hassid [43]) ; il existe aussi, accompagné de sorbitol, dans *Rostrychia scorpioïdes* (Hass et Hill [44]).

Source MNHN Paris

III. — RECHERCHE DU MANNITOL

La meilleure méthode de recherche des polyols est basée sur leur solubilité relativement grande dans l'alcool absolu bouillant; par refroidissement ils cristallisent, même en présence de sels.

Nous avons ainsi recherché le mannitol dans les sirops purifiés de *Lemanea*, mais sans succès.

La méthode optique n'a pas donné non plus de résultat : le pouvoir rotatoire n'est pas exalté en présence d'acide arsénieux. Dans les conditions de l'expérience, la quantité minima de mannitol décelable était de 0 gr. 05 % du poids d'algues fraîches.

Les algues séchées à l'air ne semblent pas élaborer de mannitol au cours de la dessication.

On s'est assuré qu'au mois d'avril les polyols n'existaient pas davantage, au moins en quantité décelable par cristallisation, tant chez *Lemanea* que chez *Sacheria*. Dans ce but, l'extrait alcoolique de 320 gr. de *Lemanea nodosa* est déféqué par l'acide phosphotungstique et évaporé à siccité complète dans le vide. La masse est fragmentée et agitée un quart d'heure au contact de 15 cm³ d'alcool absolu bouillant. On décante dans un petit ballon chaud et on laisse refroidir. Après plusieurs jours, on n'observe que des cristaux de sel et une petite quantité de précipité pulvérulent blanc. On a dissous alors, dans cette liqueur bouillante 0 gr. 02 de mannitol. Moins d'une heure après refroidissement, les aiguilles cristallines du polyol apparaissaient. Si l'on introduit du mannitol dans l'extrait d'algues avant de dessécher, il faut en ajouter au moins 0 gr. 5, soit 20 fois plus, pour obtenir une cristallisation dans l'alcool d'épuisement. Dans ces conditions, l'analyse ne permettrait pas de déceler moins de 0.15 % de mannitol, rapporté au poids frais. En raison de la coloration et de la complexité des liqueurs, la méthode polarimétrique n'est guère plus sensible.

Les mêmes essais furent poursuivis à partir de 440 gr. de *Sacheria fucina* récoltés également en avril. Dans ce cas l'alcool absolu bouillant entraîne une grande quantité de substances organiques qui précipitent en masse dès le début du refroidissement. On n'a pas trouvé trace de mannitol.

Source : MNHN, Paris

CHAPITRE QUATRIEME

LES MUCILAGES ET LE GLYCOGÈNE DES LÉMANÉACÉES

I. — TECHNIQUE

Lorsque les traitements à l'alcool bouillant, renouvelés à quatre ou cinq reprises, ont débarrassé les algues des sucres solubles, celles-ci sont devenues soit d'un vert très clair, soit d'un brun plus ou moins rougeâtre, selon l'abondance du pigment rouge, qui brunit par la cuisson. Inchangées pour le reste, elles montrent, sur une coupe, la matière gommeuse intacte, les spores et beaucoup de cellules du thalle toujours intensément colorables par l'iode.

On se souvient que la substance ainsi colorable en brun ou en violacé possède, pour Errera [45], les caractères chimiques du glycogène. Voici comment l'auteur lui-même expose la technique et les résultats de ses recherches :

« Douze touffes sporifères de *Lemanea annulata*, Kütz, conser-
« vées dans l'alcool, ont été finement découpées et écrasées dans un
« mortier. On fait bouillir la masse pendant une dizaine de minutes
« avec de l'eau et on filtre. Une petite portion de liquide a été addi-
« tionnée d'acide chlorhydrique et d'iodure double de mercure et de
« potassium : il ne se forme aucun précipité : le traitement au mer-
« cure est donc ici superflu. On concentre le reste de la solution (qui
« est à peine acide), au bain-marie, on filtre et on ajoute deux vo-
« lumes d'alcool absolu. Il se dépose, par le repos, un léger précipité
« grumeleux, d'un blanc à peine jaunâtre; on filtre. On lave le préci-
« pité à l'alcool et on le dissout dans l'eau. Cette solution est jaunâ-
« tre, opalescente, neutre; elle brunit par l'iode en solution dans
« l'iodure de potassium, perd en grande partie son opalescence par ad-
« dition de soude caustique, dissout en bleu pâle l'hydrate cuivrique
« sans le réduire à l'ébullition; elle acquiert, après un quart d'heure

Source MNHN Paris

« d'ébullition avec de l'acide sulfurique dilué, la propriété de ré-
« duire abondamment les réactifs de TROMMER et de BOETTGER, en
« même temps que l'opalescence a disparu. Le *Lemanea* renferme
« donc une sorte de glycogène...

« Comme j'avais obtenu fort peu du corps analogue au glycogène
« et que les fragments de *Lemanea* qui avaient servi à cette analyse
« renfermaient encore beaucoup de substance brunissant par l'iode,
« je les ai épuisés de nouveau, cette fois avec une solution étendue et
« tiède de soude caustique. Le rendement a été bien plus considérable,
« seulement le corps glycogénique avait subi par là de légères alté-
« rations dans ses propriétés : il faut surtout noter que sa solution,
« même assez concentrée, était à peine opalescente, et qu'elle se co-
« lorait en violet rougeâtre pâle par l'addition de très peu d'iode dans
« l'iodure de potassium. D'ailleurs elle prenait, par un peu plus
« d'iode, la même nuance brune que le glycogène hépatique, n'opérant
« pas une trace de réduction sur le réactif de TROMMER, mais le ré-
« duisant abondamment après un quart d'heure d'ébullition avec
« l'acide sulfurique faible » (*loc. cit.* p. 30-32).

Les algues ainsi traitées contenaient encore des sucres à petite molécule : l'auteur n'y a pas songé, semble-t-il ; toutefois, éliminés avant l'hydrolyse, au cours de la précipitation alcoolique, ils n'ont pas été cause d'erreur. Sur *Lemanea nodosa* épuisé par l'alcool, nous avons repris l'expérience de ERRERA et retrouvé ses résultats.

Leur signification par contre nous a paru incertaine.

L'auteur passe sous silence la viscosité des extraits un peu concentrés ; ils précipitent abondamment, sinon par l'iodure de mercure et le potassium, du moins par l'acétate basique de plomb : ils sont riches en matières gommeuses. Si l'on pratique l'épuisement aqueux des algues avec précaution, les hachant sans les broyer, on peut obtenir une liqueur semblable à celle que préparait ERRERA, à ceci près qu'elle n'est pas colorable par l'iode. On extrait de cette façon une matière mucilagineuse insoluble dans l'alcool fort, facilement transformable, par hydrolyse, en produits réducteurs. Ces caractères analytiques, retenus par ERRERA, n'appartiennent donc pas en propre au glycogène : en sorte que, pour établir la présence de ce glucide, l'auteur n'a pas apporté d'autre preuve que la seule réaction à l'iode. Celle-ci, on le sait, n'est aucunement spécifique (p. 9).

Entreprise comme un contrôle chimique, l'analyse de ERRERA reproduit simplement la réaction histochimique et n'apporte pas plus

Source MNHN Paris

de certitude. Il est donc nécessaire d'étudier de plus près les extraits d'algues, en particulier leurs caractères optiques et leurs produits d'hydrolyse.

Ces extraits ne sont pas observables au polarimètre, même après filtration ; ils le deviennent après quelques instants d'hydrolyse sous l'action des acides ; les déviations, observées dès que que possible, sont souvent positives, quelquefois négatives. Il s'agit évidemment d'un mélange de plusieurs principes. La meilleure méthode analytique consiste à tenter, sur les thalles, des extractions fractionnées. On peut espérer, par ce moyen, préparer les substances mucilagineuses d'une part, le glycogène de l'autre, et, si vraiment ce glucide existe, le caractériser à l'état pur.

Dans ce but, nous avons été amenés à pratiquer successivement :

1° Le traitement par l'eau froide, puis chaude, des algues entières ;
2° Le traitement par l'eau bouillante des algues hachées ;
3° Le traitement par la potasse des algues hachées ;
4° Le traitement par la potasse des spores pulvérisées.

Il est bien entendu que ces algues avaient été, au préalable, privées complètement des sucres solubles dans l'alcool, floridoside et tréhalose.

II. — EXTRAITS AQUEUX DES ALGUES ENTIÈRES

Soit que l'on traite les algues pendant plusieurs jours par l'eau froide, soit qu'on opère à chaud, au bain-marie bouillant une à deux heures, ou à l'ébullition, sur feu nu, un quart d'heure environ, les propriétés des extraits sont les mêmes. Ce sont des liqueurs assez fortement colorées par le pigment rouge plus ou moins altéré et devenu jaune brun. Elles sont pauvres en substances dissoutes : les parois de l'algue opposent aux colloïdes une barrière très difficilement franchissable. Même très concentré, l'extrait est peu visqueux, non colorable à l'iode. Sous l'action des acides forts, il devient un peu réducteur.

L'étude d'un tel milieu, à la fois très coloré et très dilué, n'est pas susceptible d'une grande précision, comme le montrent les exemples ci-dessous :

1) Un lot de *Lemanea nodosa*, récolté en août, pesant frais 325 gr.,

Source MNHN Paris

est traité au bain-marie bouillant par 1 litre 5 d'eau, pendant 1 h. 30. On décante, on concentre à 135 cm³. La liqueur très colorée, présente les propriétés suivantes :

a) Elle précipite par le plomb; après défécation légère, on peut l'examiner au polarimètre : elle est négative.

b) Portons-la au bain-marie bouillant, après addition de 2 % d'acide sulfurique. En quelques minutes, il se produit un précipité filtrable, et l'on peut suivre l'hydrolyse au polarimètre :

Temps d'hydrolyse	Déviation
5 m	— 14′
1 h 30 m	— 10′
3 h	+ 4′
4 h	+ 4′

Ainsi les déviations observées sont très faibles. En vue d'obtenir une plus grande quantité de la substance, on a ensuite traité les mêmes algues par l'eau bouillante (sur feu nu), pendant 20 minutes. Le jus fut concentré à 20 cm³ et hydrolysé comme ci-dessus.

Temps d'hydrolyse	Déviation
5 m	— 6′ (après dilution $^{10}/_{1}$)
3 h	0 } non dilué, mais après
4 h 30 m	+ 18′ } filtration sur noir.

Le résultat n'est guère plus précis, tant le pigment est abondant. L'hydrolysat réduit à la fin la liqueur de Fehling comme une solution de glucose à 0,61 %. Le pouvoir rotatoire spécifique serait donc voisin de 20. Nous avons plusieurs fois trouvé des valeurs notablement moindres.

2) De *Sacheria fucina* (récolté fin mai), on a obtenu un extrait analogue, un peu visqueux quand il est très concentré, non colorable par l'iode, riche en sels et en matières azotées. Voici les résultats d'une hydrolyse (SO^4H^2 2 %, 100°).

Temps.	Déviation	Réducteur % (en glucose)
10 m	— 25′	0,15
45 m	0	0,41
2 h	0	0,60
2 h 30 m	»	0,70
3 h 30 m	+ 8′	0,65

Source : MNHN, Paris

A la fin, le pouvoir rotatoire est de l'ordre de 10.

Ces résultats montrent avec quelle difficulté le glycogène — ou le corps considéré comme tel — et les gommes diffusent hors des thalles. Ils expliquent la possibilité d'extraire à bon compte les sucres cristallisables au moyen de l'eau bouillante. Dans les recherches ultérieures, on pourra sans distinction prendre comme matériel les algues dessucrées soit par l'eau, soit par l'alcool : elles diffèrent peu quant aux glucides qu'elles renferment encore.

III. — EXTRAITS AQUEUX DES ALGUES HACHEES

Malgré le peu d'intérêt des produits obtenus, on peut toujours pratiquer utilement l'épuisement aqueux des algues entières : une grande quantité de pigment est ainsi éliminée. La diffusion des sels est malheureusement difficile dans ces mêmes conditions : avec les gommes, beaucoup d'éléments minéraux sont retenus à l'intérieur des thalles.

Les algues sont ensuite hachées en menus fragments et traitées par l'eau distillée bouillante pendant 20 à 30 minutes. De nombreuses spores sont dispersées dans le liquide; on laisse reposer plusieurs heures, puis on décante et on exprime les algues dans un linge épais. On a ainsi traité, par 10 litres d'eau, un lot de *Lemanea nodosa* (récolté en juillet) qui pesait à l'état frais 2 kilos 5.

L'extrait, jaunâtre, est opalescent même après filtration; concentré à feu doux, il devient visqueux. Additionné alors d'eau iodée, il ne prend aucune trace de la coloration brune qu'on observe avec les solutions diluées de glycogène. On peut s'assurer d'ailleurs que le contenu des cellules est resté, après le traitement, intensément colorable par l'iode. Des matières gommeuses non colorables ont été séparées : l'opération est donc facile, quand la fragmentation des algues n'a pas été poussée trop loin.

A concentration moyenne, l'extrait floculé par le carbonate de sodium et par la baryte, surtout à chaud; après filtration, on peut examiner la liqueur au polarimètre; elle est nettement dextrogyre. La soude caustique ne produit pas de floculat. Le sous-acétate de plomb, le nitrate mercurique, l'acide phosphotungstique déféquent abondamment; l'iodure complexe de potassium et de mercure agit fort peu.

Source MNHN Paris

Très concentré, l'extrait précipite par l'alcool fort en grand excès : les substances gommeuses qu'il contient sont, dans ces conditions, bien plus solubles que du glycogène. La précipitation alcoolique opère entre ces substances un certain fractionnement, et nous a permis de les étudier avec précision. A cet effet la solution mucilaginense, réduite au volume de 200 cm³ environ, est additionnée de 2 vol., d'alcool à 95. Il se forme un précipité (P1) blanc grisâtre, fibreux, qu'on sépare par filtration sur un linge fin. La liqueur alcoolique est ensuite concentrée à 15 cm³ environ, et additionnée à nouveau d'alcool fort. Il se produit un précipité (P2), qui est séparé comme le précédent.

On ne parvient pas ainsi à précipiter intégralement la substance en solution : il reste dans le filtrat (L) un corps hydrolysable dont nous indiquerons d'abord les caractères. On étudiera ensuite les précipités P1 et P2.

1) *La liqueur L.*

L'alcool est évaporé, et l'on reprend par un peu d'eau. La solution ainsi obtenue est jaunâtre, opalescente. Disposant d'une quantité minime de produit, on s'est borné à en faire deux parts qui ont été soumises aux essais suivants :

1° Une moitié est déféquée à fond par l'acide phosphotungstique. On obtient ainsi 18 cm³ d'une liqueur dextogyre.

$$+ 52'$$

l'hydrolyse par l'acide sulfurique à 2 % demande environ une heure, à l'autoclave (120°), et fournit une liqueur réductrice :

Déviation	Réducteur % (en glucose)	[α]
+ 12'-14'	0,58	19-20

2° L'autre moitié est hydrolysée telle quelle dans les mêmes conditions. On obtient une liqueur réductrice :

Déviation	Réducteur % (en glucose)	[α]
+ 8'	0,99	13

Forcément imprécis, ces résultats suffisent cependant à montrer l'existence d'un corps dextrogyre soluble dans l'alcool fort, précipitant partiellement par l'acide phosphotungstique et différent, d'après ses produits d'hydrolyse, des sucres précédemment reconnus.

Source : MNHN, Paris

2) *Le précipité P2*

A en juger d'après les résultats des hydrolyses, ce précipité est moins complexe que P1, c'est pourquoi nous l'examinerons en premier lieu. Séché et broyé, il se présente comme une poudre jaunâtre (1 gramme environ), très hygroscopique, sans réaction spéciale au au contact de l'iode, un peu soluble dans l'alcool à 80 bouillant, soluble presque entièrement dans l'eau en une liqueur opalescente, visqueuse.

Additionnée d'acide sulfurique (2 %), cette liqueur s'éclaircit au bain-marie bouillant après 10 minutes, ce qui rend possible une lecture au polarimètre. Voici la marche d'un hydrolyse dans ces conditions.

Temps	Déviations	Réducteur % (en glucose)	[α]
10 m.	+ 1° 28′	—	
20 m.	1° 28′	—	
30 m.	1° 26′	—	
1 h.	1° 12′	0,50	
2 h.	1° 4′	—	
3 h.	56′	—	
4 h. 30 m.	44′	0,90	
5 h. 30 m.	40′	—	
6 h.	40′	0,90	37

Après cinq heures environ, l'hydrolyse ne progresse plus, même à l'autoclave. Quelle est la nature des substances libérées ? Faute d'une quantité suffisante de matière, nous n'avons pu résoudre cette question.

3) *Le précipité P1*

A l'état sec, ce précipité pesait près de 9 grammes. C'est une substance grisâtre en poudre, non colorable par l'iode, riche en azote 2,6% et en cendres 10% (Cl, S, P, K, Mg, Ca, Fe). Dans l'eau, elle se redissout lentement et partiellement. L'examen optique direct est impossible.

L'acide sulfurique à 2 % en volume, à 100°, l'hydrolyse assez facilement, avec production de corps réducteurs. Voici la marche d'une

Source MNHN Paris

expérience, effectuée sur une solution à 3 % de matière gommeuse. Après cinq minutes, on a séparé par filtration des grumeaux de matière noirâtre, insoluble.

Temps	Déviations	Réducteur 0/0 (en glucose)	[α]
0	illisible	0	
5 m.	+ 12′	—	
15 m.	+ 4′	—	
25 m.	0	1,00	
35 m.	+ 6′	—	
1 h.	+ 12′	—	
1 h. 30 m.	+ 16′	1,35	
2 h.	+ 24′	1,40	
2 h. 30 m.	+ 24′	1,45	
3 h. 15 m.	+ 26 28′	1,50	14
4 h.	—	1,50	

Ainsi l'attaque paraît terminée après trois ou quatre heures : le poids du réducteur libéré, évalué en glucose, représente alors la moitié du poids de matière mis en œuvre. Au cours de la première demi-heure apparaissent les deux tiers de ce réducteur, tandis que la déviation polarimétrique, d'abord nettement positive, diminue; elle atteint un minimum, puis croît, cependant que la quantité de réducteur continue d'augmenter, mais lentement. La liqueur est jaune; les déviations sont faibles, et donc les modifications optiques sont difficiles à suivre avec précision; l'existence d'un minimum paraît cependant indubitable. Peut-être a-t-on affaire à un mélange de deux substances, l'une plus dextrogyre que ses produits d'hydrolyse, facilement attaquable; l'autre lévogyre, plus résistante, d'où naissent des corps dextrogyres.

On a tenté de fractionner le produit brut au moyen de l'alcool, suivant deux procédés :

1° On traite 2 gr. 5 de poudre par de l'alcool bouillant de titre de plus en plus bas. Il faut descendre jusqu'à 40° pour dissoudre une quantité notable de substance. La liqueur obtenue, opalescente, visqueuse, est décantée; on évapore et on reprend par un peu d'eau. On obtient ainsi une solution très visqueuse, à peine jaunâtre, opalescente, neutre. Elle se trouble légèrement par l'acide sulfurique; avec la soude, on n'obtient pas de précipité, mais seulement, à chaud, une

Source MNHN Paris

coloration jaune clair ; la liqueur de FEHLING, à chaud, provoque un floculat, mais non pas le sulfate de cuivre seul, même concentré ; la baryte produit un précipité blanc, d'aspect cireux, soluble dans l'eau chaude.

Voici la marche de l'hydrolyse (SO^4H^2 2 %, 100°) :

Temps	Déviations	Réducteur % (en glucose)	[α]
5 m.	+ 1°55′		
25 m.	+ 14′		
1 h.	— 9′		
2 h.	+ 20′		
3 h.	+ 36′		
4 h.	+ 44′	3,10	
5 h.	+ 52′	3,15	13-14

On retrouve ici, avec une plus grande netteté, les caractères du produit total étudié précédemment.

Le traitement à l'alcool 40° a laissé un résidu grisâtre qui, desséché, pèse 0 gr. 90. On le dissout dans l'eau en proportion de 3 %, et on le soumet à l'hydrolyse dans les conditions habituelles.

Temps	Déviations
5 m.	+ 12′
15 m.	+ 5′
25 m.	+ 4′
1 h. 30 m.	+ 9′
2 h.	+ 12′

etc...

Ces résultats sont analogues à ceux que l'on obtient en hydrolysant le produit total.

Le procédé que nous avons employé n'aboutit donc pas à un fractionnement. Mais il est à retenir si l'on se propose de purifier rapidement les matières gommeuses : l'alcool entraîne peu les composés azotés.

Examinons plus en détail les caractères du produit ainsi purifié. D'après le poids de réducteur en fin d'hydrolyse, et la déviation polarimétrique observée au début, le pouvoir rotatoire initial dépasse + 30°. On a remarqué que la liqueur au minimum de déviation, après une heure environ, devient lévogyre. Quelle est la nature des produits d'hydrolyse ? A ce sujet, nous ne pouvons encore affirmer

Source MNHN Paris

que peu de chose. Il s'agit certainement d'un mélange de corps réducteurs dont les uns sont dextrogyres, les autres lévogyres. On a pu les séparer, au moins partiellement, de la manière suivante :

L'hydrolysat est déféqué par l'acide phosphotungstique, puis évaporé à sec. On reprend par l'alcool à 80 bouillant, pendant une dizaine de minutes; on laisse reposer deux jours, puis l'alcool est décanté et distillé. On reprend par un même volume d'eau la fraction soluble dans l'alcool et la partie non dissoute.

a) La première présente les caractères suivants :

$\alpha = +1°$ R % (en glucose) 1,30 $[\alpha]_D = +38.$

La liqueur se colore en rouge orangé en présence d'orcine, en milieu chlorhydrique; elle est neutre et ne précipite pas par SO^4H^2. Nous n'avons pu obtenir d'osazone, et nous disposions d'une quantité trop faible du produit pour songer à le fractionner.

b) La seconde fraction (la moins soluble dans l'alcool) offre les propriétés suivantes :

$\alpha = -28'$ R % (en glucose) 0,55 $[\alpha]_D = -42.$

Avec l'orcine, la réaction est bien moins intense, compte tenu de la dilution.

Par addition d'acide sulfurique à la liqueur neutre, il se forme un abondant précipité de sulfate de baryum. Lors de l'élimination de l'acide phosphotungstique par la baryte et le carbonate de baryum (1), une certaine quantité de ce métal était donc demeurée à l'état de sel soluble. Il persiste en proportion très appréciable après l'élimination des chlorures par un peu de zéolithe argentique; le milieu ne renfermant d'ailleurs pas de nitrates, on doit conclure à la présence de sels organiques de baryum. Il est possible qu'il s'agisse d'uronates car la réaction à la naphtorésorcine est nettement positive.

Ajoutons que l'élimination du baryum ne modifie pas le pouvoir rotatoire.

2° Un second procédé de séparation des matières gommeuses consiste à dissoudre dans l'eau le produit brut et à pratiquer la précipitation fractionnée par l'alcool à 95. Opérant sur 5 gr. environ, on a obtenu un précipité p1 pesant 4 gr. 4 et un précipité p2 pesant 0 gr. 55.

---

(1) Voir plus haut l'exposé de cette technique, p. 21.

Source MNHN Paris

Cette méthode est efficace et continue le fractionnement opéré une première fois déjà (cf. p. 48): p2 ressemble à P2 et p1 à P1.

Voici par exemple les caractères de l'hydrolyse de la substance p2 (solution à 2,5 %) :

Temps	Déviation	Réducteur % en glucose	[α]
5 m.	+ 1°20′	traces	
15 m.	1°12′		
30 m.	1°12′		
1 h. 30 m.	1° 8′		
3 h.	1° 2′	1,00	
4 h. 30 m.	44′	1,05	35
5 h.	32′	1,15	23

Quant à la substance p1, elle présente des caractères analogues à ceux de P1 ; on observe au cours de l'hydrolyse un minimum négatif de la déviation polarimétrique.

***

Conclusions. — L'étude que nous avons ébauchée nous montre que les substances extraites de *Lemanea* par la technique décrite, n'ont aucun rapport avec le glycogène. Il s'agit d'un mélange de matières gommeuses. On peut en distinguer deux au moins :

1° L'une (P2) dextrogyre, ($[\alpha]_D > 80$). Au cours de l'hydrolyse, pénible, le pouvoir rotatoire diminue régulièrement, pour se fixer vers 30.

2° L'autre (P1) dextrogyre, ($[\alpha]_D > 30$). Au cours de l'hydrolyse, le pouvoir rotatoire passe par un minimum. Sa valeur finale est voisine de + 10.

Peut-être a-t-on affaire ici au mélange de deux corps :

L'un dextrogyre, dont l'hydrolyse facile s'accompagne d'une diminution du pouvoir rotatoire,

L'autre lévogyre, donnant des produits d'hydrolyse dextrogyres, et rappelant, par conséquent, la gomme qui diffuse lors du traitement de salgues entières par l'eau chaude (Cf. page 46.)

S'il existe des sucres parmi les produits de dégradation de toutes ces substances, nous ne pouvons encore déterminer lesquels, vu la difficulté d'obtenir leurs composés avec la phénylhydrazine. La faute

Source MNHN Paris

en est aux acides organiques réducteurs présents dans l'hydrolysat, et dont les sels de baryum sont entraînés même dans l'alcool absolu froid. Nous avons émis plus haut l'hypothèse qu'il s'agit d'acides uroniques. Cette opinion semble confirmée par le dégagement de gaz carbonique qui accompagne l'hydrolyse de la gomme sous l'action de HCl à 18 % : le poids de CO^2 dégagé représente 5 % du poids de gomme. (Au sujet de cette réaction, voir la thèse de Ricard [46] p. 168).

Si l'on attaque la matière gommeuse par l'acide iodhydrique, selon la méthode de Meyer, il se produit de l'iodure de méthyle : celle-ci contiendrait donc un groupement méthyle ou méxothyle.

Les procédés biochimiques d'analyse ne permettent pas d'apporter d'autres précisions. Le mélange de gommes a été mis en présence des divers milieux fermentaires ci-dessous indiqués, sans qu'aucun ait manifesté de pouvoir hydrolysant: orge germée, poudre de pancréas (Pancréatine Choay), suc gastrique d'escargot, poudre d'*Aspergillus niger*, luzerne germée, enveloppes de *Phallus* (1).

***

A partir des *Sacheria fucina*, traitées dans les mêmes conditions que les *Lemanea*, on a retiré de même des mélanges assez variables de gommes, non colorables par l'iode.

Voici les résultats obtenus en hydrolysant, tel quel, un extrait de *Sacheria* (SO^4H^2 2 %).

Temps	Déviation (au tube à 1 dcm.)	Réducteur % en glucose	[α]
10 m.	+ 18′	0	
30 m.	+ 18′		
1 h.	+ 32′		
1 h. 30 m.	+ 28′	0,50	
2 h.	+ 20′	0,57	
2 h. 30 m.	+ 20′	0,60	
3 h. 30 m. autoclave 120°	+ 20′	0,67	
15 m.	—	0,85	
30 m.	+ 4′ (?)	0,88	7,5

(1) Au sujet de l'activité fermentaire des enveloppes de ce champignon, voir H. Colin et M. Quillet, *Comptes rendus*, *195*, 1932, p. 1313-1315.

Source MNHN Paris

Au cours de l'hydrolyse, le pouvoir rotatoire passe par un maximum.

*
**

Il peut arriver que, sans avoir poussé très loin la fragmentation des algues, on obtienne néanmoins des extraits mucilagineux colorables en brun rouge par l'iode : ils sont analogues à ceux que préparait Errera à partir des algues broyées. Ce fut le cas pour un lot de *Lemanea nodosa*, pesant frais 1.450 gr., récolté en août et particulièrement riche en spores : il fournit 8 grammes de gomme brute sèche, se colorant légèrement par l'iode.

Ce produit diffère peu des précédents par les caractères de l'hydrolyse sous l'action des acides. L'extrait mucilagineux concentré, additionné d'alcool, fournit un précipité P1. Remise en solution aqueuse à 3 % et hydrolysée, la substance donne lieu aux observations suivantes :

Temps	Déviation	en glucose Réducteur %	[α]
5 m.	+ 23′		
10 m.	+ 14′		
15 m.	+ 13′		
30 m.	+ 10′		
1 h.	+ 10′	1,35	
2 h.	+ 18′	1,50	
3 h.	+ 30′	1,60	
4 h.	+ 30′	—	
4 h. 30 m.	+ 28′	1,60	14

Ces résultats ne sont de nature à fournir aucune indication sur la présence éventuelle, dans la gomme, d'une petite quantité de glycogène.

L'action des amylases est plus intéressante à considérer. Mélangeons une très petite quantité d'une amylase — du malt, du pancréas, ou rapidase — à quelques cc. de la solution mucilagineuse concentrée. Aussitôt celle-ci perd la propriété de se colorer en brun au contact de l'iode. Le changement est manifeste, mais quelle en est la signification ? On peut y voir l'indice de l'action spécifique de l'amylase sur une substance glycogénique. Cependant cette interprétation ne s'impose pas.

Source MNHN, Paris

Considérons en effet une solution de *gélose* (1) fraîchement préparée et de concentration suffisante. Par addition d'eau iodée, elle prend une teinte rouge brun. Cette propriété disparaît si l'on ajoute à la solution une très petite quantité d'amylase. La gélose n'est cependant pas une matière amylacée, et n'a d'ailleurs pas subi de modification chimique, au moins pendant la durée très courte de l'expérience. Dans ce cas, la diastase est intervenue seulement par sa nature de matière albuminoïde : par suite de son affinité pour l'iode, elle masque la réaction de la gélose. Des albumines variées sont aptes, à des degrés divers, à produire le même effet. On peut facilement prouver qu'il en est bien ainsi. Evaporons presque à siccité quelques gouttes de la solution de gélose additionnée d'amylase. Après refroidissement, ajoutons une goutte d'eau iodée : la coloration rouge apparaît, aussi intense qu'en l'absence de diastase. Desséchée ou coagulée, celle-ci ne masque plus la gélose, qui donne dès lors avec l'iode la réaction habituelle.

Si l'on soumet aux mêmes essais une solution de *glycogène*, on constate que le milieu, qui se colorait en brun, perd cette propriété, mais cette fois d'une façon définitive : l'amylase a dégradé chimiquement le glucide.

Les changements dans la réaction à l'iode, notés de leur caractère définitif ou seulement transitoire, peuvent ainsi fournir des indications analytiques, faciles et rapides. L'extrait de *Lemanea* que nous étudions se comporte, à ce point de vue, comme une solution diluée de *glycogène*. Ce glucide y est donc probablement présent.

Il s'y trouve toutefois en si faible quantité, qu'on ne réussit guère à mettre en évidence le sucre réducteur issu de son hydrolyse diastasique. Et d'ailleurs, étudiant l'action de l'amylase sur ce milieu complexe et riche en gommes, on ne peut interpréter correctement l'apparition de réducteur sans avoir déterminé la nature de ce dernier. Certaines gommes en effet, comme la gélose de *Rhodymenia*, sont dégradées lentement, avec production de réducteur, par l'amylase du malt et la rapidase (Guégüen [47], p. 58). Pour savoir à quel corps ont touché les amylases, il est indispensable d'identifier les produits d'hydrolyse.

---

(1) On trouvera, dans une note de Sauvageau [48] l'indication de quelques sources de gélose colorable par l'iode. Nous avons employé une gélose du commerce, que nous avons vérifiée exempte de glycogène.

Source : MNHN, Paris

Cela suppose ces produits préparés en quantité suffisante. Nous sommes donc amenés à rechercher un procédé meilleur pour extraire des algues la substance colorable par l'iode.

Il convient de débarrasser d'abord, le plus possible, les algues des mucilages : le traitement par l'eau doit être, à cette fin, renouvelé cinq ou six fois au moins. Pour éviter d'entraîner en même temps la substance colorable, on fut amené à traiter d'une part les fragments de la plante mère, et de l'autre les spores, mises en liberté dans l'eau, et facilement séparables par décantation. Les spores en effet, offrent au solvant une surface de contact énorme, et sont aussi plus riches en matière colorable : celle-ci diffuse plus facilement. Par contre, on a pu, en bien des cas, soumettre les fragments de thalle à de nombreux épuisements — même à 120° pendant une heure — sans en tirer autre chose que des mucilages non colorables.

Occupons-nous d'abord de ces fragments, très appauvris maintenant en matière gommeuse.

IV. — EXTRAITS ALCALINS DES ALGUES HACHÉES

Le contenu de la plupart des cellules se colorant en brun foncé par l'iode, on s'est proposé de retirer le glycogène, au moyen de la potasse diluée, comme l'indique Errera. 850 grammes de *Lemanea* humides (poids après épuisement à l'eau), furent triturés au mortier et traités par 3 litres de lessive de potasse à 1 %, au bain-marie bouillant pendant 30 minutes. La liqueur brun foncé est ensuite décantée, concentrée à 150 cm³; on ajoute alors un volume d'alcool à 90. Il précipite une matière jaunâtre, fibreuse, élastique, facile à rassembler. On filtre; la solution entraîne les matières colorantes ainsi que des substances azotées (celles-ci floculent en abondance par acidification).

Le précipité est débarrassé par lavage à l'alcool de l'excès d'alcali; séché, il pèse 4 gr. 5. Toutes choses égales, mais en employant l'eau pure au lieu de la potasse, le même poids d'algues livre seulement 0 gr. 83 d'extrait sec. L'eau pure dissolvait surtout la gelée issue des spores et qui remplissait la lumière des filaments de l'algue. Après action de l'alcali, on peut constater, au microscope, que les membranes de la plante mère elle-même sont partiellement dissoutes; les thalles sont devenus d'ailleurs très visqueux. Nul doute que la substance

Source MNHN Paris

extraite dans ces conditions représente, pour la plus grande part, des constituants gélifiés de la membrane.

Cette substance se dissout dans l'eau en une liqueur jaune rougeâtre, fluide à chaud, se prenant en gelée par refroidissement. Elle floculle par la baryte, l'extrait de Saturne, l'acide phosphotungstique; le réactif iodo-mercurique et la liqueur de Fehling sont sans effet.

Sous l'action de l'eau iodée, la solution prend très nettement une teinte cuivrée ou violacée. L'action, quasi instantanée, d'une trace de poudre de pancréas, suffit à anéantir cette réaction, et d'une façon définitive. La présence du glycogène est donc probable; mais il est certain que la proportion de ce glucide est infime, dans une masse de gomme. L'action de la diastase, en effet, ne livre pas de réducteur en quantité appréciable, et les autres propriétés du mélange sont bien éloignées de celles du glycogène.

Le signe optique se manifeste encore dans des solutions assez diluées pour être lisibles au polarimètre : elles sont nettement *lévogyres*.

Voici la marche d'une hydrolyse par les acides (SO^4H^2 2 % à 100°). On a filtré dès que possible, pour séparer les grumeaux insolubles et permettre l'examen optique.

Temps	Déviation	Réducteur % en glucose	[α]
8 m.	— 1°40′		
30 m.	— 1°		
1 h. 30 m.	+ 8′		
2 h.	+ 16′	1,50	
2 h. 30 m.	+ 20′	1,60	
3 h.	+ 20′	1,60	10

La courbe des variations du pouvoir rotatoire montre qu'il doit initialement dépasser un peu — 60, en valeur absolue.

Contrairement au cas des gommes étudiées jusqu'ici, il est facile cette fois de caractériser certains des produits d'hydrolyse, au moyen de la phénylhydrazine. Nous avons identifié par leur osazone le *galactose* et l'*arabinose*. La proportion de ces sucres semble dépendre des conditions de traitement des algues.

On n'a pu fixer encore la nature des corps, sans doute lévogyres, qui abaissent à + 10 le pouvoir rotatoire global des produits d'hydrolyse.

Source MNHN Paris

A côté de la galacto-arabane, le glycogène, avons-nous dit, ne semble exister qu'en proportion infime ; on n'en peut douter, puisque l'hydrolysat est trop pauvre en glucose pour fournir l'osazone de ce sucre.

Après le premier traitement par la potasse, on en a pratiqué successivement trois autres sur les mêmes algues, la concentration de l'alcali étant de 5 % et enfin de 20 %. Les produits obtenus furent analogues au premier, colorables par l'iode, très lévogyres ; après hydrolyse, les pouvoirs rotatoires $[\alpha]_D$ étaient respectivement 20, 23, 16.

Les tissus des algues sont alors profondément dissociés, mais la presque totalité du « glycogène » demeure incluse dans les cellules. Il est donc nécessaire de dilacérer celles-ci pour en extraire le contenu si peu diffusible. Les spores séparées se présentent, pour cette opération, comme le matériel de choix : le squelette tissulaire y est moindre et le glycogène plus abondant que dans les fragments de thalle que nous avons étudiés jusqu'ici.

V. — LE GLYCOGENE

Au cours de l'épuisement aqueux de plusieurs kilos de *Lemanea*, on a pu recueillir 60 grammes (poids sec) de spores presque pures, échappées des fragments de l'algue. Nous les avions écartées, en vue de l'extraction sélective des mucilages : les spores en effet, par ébullition prolongée dans l'eau pure, fournissent un extrait nettement colorable par l'iode. Cette liqueur cependant est pauvre en substance sèche ; le glycogène ne peut être extrait en quantité suffisante pour l'analyse si l'on ne brise d'abord les épaisses membranes qui s'opposent à sa diffusion.

Les spores délayées dans un peu d'eau forment une bouillie jaunâtre ; on y incorpore du sable siliceux ; la pâte obtenue est étalée en couche mince et mise à sécher vers 50°. Devenue pulvérulente, la substance est longuement broyée au mortier de porcelaine : il est préférable d'opérer à chaud, les spores étant alors plus cassantes. On suit au microscope les progrès du traitement, qui reste assez imparfait. On parvient cependant à briser un certain nombre de spores : leur contenu granuleux se dissocie, mais se dissout très mal dans l'eau froide.

La poudre obtenue, très fine et d'un blanc grisâtre, est agitée d'abord au contact d'un litre d'alcool à 70° bouillant, qui entraîne, à

Source MNHN Paris

peu près uniquement, une quantité appréciable de matière grasse. La majeure partie du sable peut être éliminée au cours de ce traitement. On délaye ensuite la poudre de spores dans un litre d'une solution de potasse à 5 %; on fait bouillir pendant trois quarts d'heure en remuant constamment; de temps en temps on compense l'évaporation en ajoutant de l'eau chaude. Le milieu devient brun-noir et très visqueux.

Après refroidissement, le liquide est séparé par centrifugation; on agite la pâte restante dans un litre d'eau bouillante, pendant trente minutes; ce second extrait est concentré à consistance visqueuse et joint au premier, et l'ensemble est additionné d'un volume d'alcool à 85 : il se produit un précipité abondant, d'aspect spongieux.

Le précipité est retenu sur un linge, essoré, lavé à fond à l'alcool faible tiède, séché vers 50°. Il est grumeleux, grisâtre; il pèse 10 grammes. Dans l'eau, il se dissout presque entièrement; la solution est visqueuse, trouble, précipite abondamment par les déféquants ordinaires; elle se colore sous l'action de l'iode en brun violacé très intense; elle n'est pas réductrice. En diluant, et après filtration, on peut l'examiner au polarimètre. On a pu lire, sous 1 décim. d'épaisseur, la déviation

$$\alpha = +56'$$

Pour cette liqueur, la concentration, évaluée d'après le poids de réducteur libéré, exprimé en glucose, après hydrolyse complète, était de 0,883 p 100. D'où le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = +105$. Il est donc très inférieur à celui du glycogène (environ 200).

Les caractères de l'hydrolyse sous l'action des acides ont été observés à partir d'une solution plus concentrée, illisible au début. 0 gr. 285 de substance sèche furent dissous dans 20 cm³ d'acide sulfurique à 2 %, et mis au bain-marie à 100°. On filtra dès que possible.

Temps	Déviation	Réducteur % en glucose	[α]
6 m.	+ 2°20′		
1 h.	1°50′		
1 h. 30 m.	1°30′		
2 h.	1°16′		
2 h. 30 m.	1° 5′		
3 h.	1° 3′	1,26	41,42
3 h. 30 m.	1° 3′	1,24	

Source MNHN Paris

Si l'on exprime en glucose le réducteur libéré, le rendement pondéral est de 88 %.

La durée de l'hydrolyse est sensiblement la même que celle d'une solution de glycogène à concentration voisine; la réaction à l'iode persiste comme dans ce cas 20 minutes environ.

L'ensemble de ces résultats paraît se rapporter à un mélange de glycogène et de gomme lévogyre. Nous avons essayé un fractionnement, au moyen de l'alcool, par précipitation ou extraction ménagées, et par défécation partielle à l'acétate de plomb : ces procédés sont inefficaces. Par crainte de souiller de sels le peu de matière dont nous disposions, nous n'avons pas cru devoir employer le procédé d'adsorption partielle préconisé par CLAUTRIAU [49], et repris par HARDEN et YUNG (1).

Il fallait donc renoncer à préparer le glycogène lui-même à l'état de pureté. L'on s'est borné à caractériser ses produits d'hydrolyse sous l'action de l'amylase. La poudre fermentaire employée est la Pancréatine Choay : son pouvoir amylolytique est considérable; elle ne s'attaque pas aux gommes de *Lemanea*, non plus qu'à la gélose commerciale colorable par l'iode; enfin et surtout elle n'est pas réductrice.

L'extrait de spores, dissous dans 500 cm³ d'eau (pH = 7) est additionné d'un peu de Pancréatine (0 gr. 3). En quelques minutes, à la température ordinaire, la réaction colorée s'atténue et disparaît. Bientôt la liqueur montre un pouvoir réducteur très net, qui n'augmente pour ainsi dire plus après un séjour d'une quinzaine d'heures à 50°. L'opalescence persiste, du fait des impuretés.

On concentre alors sous pression réduite jusqu'à consistance épaisse, et on précipite par 2 vol. d'alcool à 90. Le floculat volumineux est exprimé dans un linge et épuisé par l'alcool à 80 bouillant. On réunit les liqueurs réductrices ; on évapore l'alcool, reprend par l'eau, défèque au moyen de l'acide phosphotungstique. La liqueur obtenue, légèrement jaunâtre, possède les caractères suivants :

Déviation (sous 1 décimètre)	Réducteur % en glucose	[α]
+ 8°6′	5,33	151

Son volume est de 60 cm³. Elle contient une petite quantité de

(1) HARDEN (A.) et YUNG (W.-J.) — Glycogen from Yeast. *Journ. Of. Chem. Soc; 81*, 1902, p. 1224.

Source MNHN Paris

chlorures, qu'on élimine grâce à la zéolithe argentique, avant de poursuivre l'analyse.

La plus grande partie de la liqueur est ensuite traitée au bain-marie bouillant par l'acide sulfurique à 2 %. La déviation diminue et le pouvoir réducteur augmente, comme l'indique le tableau ci-dessous:

Temps	Déviation	Réducteur % en glucose	[α]
0	+ 5°30′	3,64	
2 h. 30 m.	2°24′	»	
2 h. 45 m.	2°22′	4,30	
3 h.	2°20′	4,34	53

Avec le reste de la liqueur on a pu constater qu'une hydrolyse analogue est obtenue, en trois jours, à 37°, sous l'action de la poudre de *Mucor,* riche en maltase; elle s'accomplit également, mais avec grande lenteur, en présence d'une forte quantité de poudre de pancréas.

L'hydrolysat sulfurique fut neutralisé par la baryte et concentré sous vide. On obtint un sirop sucré qui, dès le lendemain, commençait à cristalliser.

La solution fraîche de ces cristaux présente la mutarotation; le pouvoir rotatoire diminue pour se fixer à + 52; on obtient avec la plus grande facilité une osazone insoluble dans l'eau chaude et dans l'alcool méthylique, fondant, au bloc Maquenne, à la même température que la glucosazone. Le sucre obtenu cristallisé est donc, évidemment, du *glucose.*

Ainsi, il existe bien, dans les *Lemanea,* une substance glycogénique, au sens étymologique du mot; là d'ailleurs se borne ce que nous en pouvons dire : pour en préciser les propriétés, il faudra l'obtenir à l'état pur, ce qui présente de grandes difficultés. La coloration brune qui prend naissance sous l'action de l'iode, justifie cependant l'appellation de glycogène départie à ce polyoside.

Rappelons que le pouvoir rotatoire du mélange de glycogène et de matières gommeuses était de + 105. Celui du glycogène sera connu par différence si l'on détermine l'activité optique des gommes respectées par l'amylase. Précipitées par l'alcool, elles se redissolvent dans l'eau en une liqueur opalescente, lévogyre, dont l'étude est malheureusement pénible. Le pouvoir rotatoire est voisin de — 55-56, et

Source MNHN Paris

passe à + 8 ou + 9 après hydrolyse au moyen des acides. Ces données admises, on obtiendrait pour le glycogène $[\alpha]_D = +162$. L'imprécision des lectures polarimétriques relatives aux gommes entache probablement ce résultat d'une erreur importante et lui laisse la seule valeur d'une indication assez vague (1).

CONCLUSIONS

Au cours de ce chapitre, nous avons reconnu, dans les *Lemanea*, la présence de plusieurs gommes et de glycogène. La composition des *Sacheria* est très analogue : le glycogène y est certain, et les gommes paraissent voisines dans les deux espèces.

La nature de ces gommes nous est encore très incomplètement connue. Il s'agit d'un mélange complexe comportant des éléments *dextrogyres*, et des substances déféquant difficilement par l'acide phosphotungstique. Sous ce rapport, le Lémanéacées diffèrent beaucoup des *Rhodymenia*, où la matière gommeuse consiste avant tout en gélose, fortement lévogyre, très soluble dans l'eau pure.

Le glycogène n'a pas été préparé à l'état de pureté, mais caractérisé en toute certitude par la saccharification sous l'influence de l'amylase, qui donne naissance au glucose. La conclusion de Errera, légitimement mise en doute, peut être maintenant reprise, appuyée sur des preuves certaines. La nécessité de ces preuves est manifeste ; elle apparaîtra plus grande encore dans la suite, lorsque nous aurons étudié les *Bangia*.

L'examen au microscope montre l'abondance du glycogène dans les thalles de *Lemanea* à maturité. Un dosage, même approximatif, est impossible, vu les difficultés de l'extraction.

Considérons : un *Lemanea ;* — une Floridée riche en amidon (*Polyides rotundus*) ; — une Floridée dépourvue d'amidon (*Rhodymenia palmata*). Il est intéressant de comparer les premiers moments de l'hydrolyse sulfurique portant sur des thalles entiers de ces trois plantes, desséchés par l'alcool. On se reportera, à ce sujet, au travail de Guégueu [50, p. 57], à qui nous empruntons les chiffres relatifs aux deux dernières espèces. Les déviations observées sont les suivantes :

(1) En admettant l'exactitude des chiffres trouvés, le mélange extrait des spores contenait environ 73 % de glycogène et 23 0/0 de matières gommeuses.

Source MNHN Paris

Temps d'hydrolyse	*Lemanea nodosa* (1)	*Polyides rotundus* (2)	*Rhodymenia palmata* (2)
5 m. env.	— 28'	+ 1° 5'	— 6'
25 m. —	+ 48'	+ 10'	— 1°10'
1 h.	+ 42'		
1 h. 30 m.	+ 40'		

Au début de l'hydrolyse, la liqueur de *Lemanea*, visqueuse, se prend en gelée par refroidissement et se colore en violet par l'iode; ces deux caractères disparaissent après 15 minutes. Les matières gommeuses lévogyres se dissolvent en quantité suffisante et assez rapidement pour imposer leur signe optique au milieu.

Les dextrines, colorables en rouge par l'iode, dominent au contraire dans le *Polyides*. L'hydrolysat de *Rhodymenia* ne se colore pas; la gélose, qui se dissout progressivement, le rend de plus en plus lévogyre.

Cette comparaison globale est très suggestive; mais, comme les principes non amylacés doivent différer beaucoup d'un cas à l'autre, on n'en peut tirer d'indication quantitative.

Une comparaison du même ordre met en évidence l'enrichissement saisonnier en glycogène, dans les *Sacheria*. On hydrolyse (après épuisement par l'alcool, bien entendu) des algues récoltées au début d'avril, non sporulées, et dont les tissus ne brunissent pas par l'iode, — et d'autre part des algues de même espèce, récoltées fin mai, en pleine sporulation.

Sacheria fucina

8 gr de thalles secs pour 100 cm3 SO^4H^2 2 %, 100°

Temps	18 avril Déviation	18 avril Réducteur %	21 mai Déviation	21 mai Réducteur %
5 m.	— 1° 50'	»	— 56'	»
30 m.	— 1° 42'	0,70	0	1,15
1 h.	— 1° 48'	1,60	+ 40'	2,20
1 h. 30 m.	»	»	+ 40'	2,60
2 h.	— 1° 36'	2,00	+ 56'	2,80

(1) Récolté en août, 10 gr. de thalles secs pour 100 cm 3 SO^4 H^2 2 %, 100°.
(2) 5 gr. de thalles secs pour 60 cm3 SO^4 H^2 5 %, 100°.

Source MNHN Paris

L'hydrolysat des algues de mai est encore lévogyre au début, mais moitié moins que celui d'avril, les dextrines, après une demi-heure, compensant la déviation à gauche due aux matières gommeuses.

***

La présence du glycogène dans les *Lemanea* est en bon accord avec certaines particularités que nous avons relevées dans les précédents chapitres. Ainsi l'on s'explique la pauvreté relative de ces algues en sucres solubles, bien plus abondants dans les *Rhodymenia*. Chez ces dernières, le floridoside constitue seul les réserves glucidiques ; dans les *Lemanea*, les sucres à petite molécule ne forment qu'une partie de ces réserves : le reste est représenté par du glycogène.

Un tel balancement entre deux catégories de glucides est manifeste chez les Floridées marines qui contiennent de l'amidon. H. Colin et E. Guégen [51] viennent de le montrer à propos de *Furcellaria fastigiata* : pour cette algue, la teneur en floridoside est du même ordre que pour *Lemanea*.

Notons enfin que les *Lemanea* offrent un exemple nouveau de l'association du glycogène avec le tréhalose, d'ailleurs banale chez les Champignons. Retenons simplement le fait, puisque l'heure n'est pas encore venue d'en pouvoir juger le sens physiologique.

VI. — L'AUTOLYSE

On a vu qu'il n'apparaît ni sucres réducteurs, ni mannitol au cours de la dessication des *Lemanea*, à la température ordinaire. Mais quand on pratique l'autolyse, plaçant, aussitôt après la récolte, les algues dans l'eau pure sous toluol, plusieurs principes glucidiques sont hydrolysés, et le milieu devient fortement réducteur.

Ainsi 250 gr. de *Lemanea nodosa*, récoltés en août et mis à l'autolyse pendant un an et demi, ont fourni un extrait réducteur dont la teneu, évaluée en glucose et sous le volume de 250 cm³ était de 3,57 %. (16 % du poids des algues sèches).

Après défécation complète, au moyen de l'acétate basique de plomb ou de l'acide phosphotungstique, cette liqueur s'est montrée dextrogyre, le pouvoir rotatoire spécifique étant égal à 16-17. Purifié

Source MNHN Paris

et additionné d'acétate de phénylhydrazine, le produit ne fournit pas d'hydrazone; à chaud, on obtient des osazones que nous n'avons pu déterminer faute d'une quantité suffisante de matière : si l'on s'en tient à l'examen des formes, l'arabinosazone, au moins, paraît certaine. — Le produit ne semble pas contenir d'acides uroniques; nous 'avons pu y déceler de mannitol, ni par l'acide arsénieux, ni par cristallisation de l'alcool absolu. — Sous l'action de l'acide sulfurique, à chaud, la quantité de réducteur augmente de 1/5e environ et $[\alpha]_D$ prend la valeur + 25.

Ainsi le floridoside et le tréhalose ont été hydrolysés complètement, et la gomme en grande partie; un corps lévogyre, déféquant mal, a seul résisté aux ferments.

Les gaines mucilagineuses des spores n'ont d'ailleurs subi qu'un commencement de dissolution : elles restent très évidentes à l'examen microscopique, grâce à leur réfrigérence. Le contenu des cellules est demeuré fortement colorable en brun par l'iode.

Source MNHN Paris

CHAPITRE CINQUIEME

LES GLUCIDES DE THOREA RAMOSISSIMA

I. — LES CARACTÈRES GENERAUX DES *THOREA*

Ce genre comprend une seule espèce nettement définie : *Thorea ramosissima*, Bory. Signalée en d'assez nombreuses stations, elle ne s'y montre qu'irrégulièrement; c'est en vain que nous l'avons cherchée dans la Seine, aux places citées par les auteurs. Nous avons pu enfin trouver dans l'Adour une quantité de matériel suffisante pour une première analyse : 220 grammes d'algues fraîches. Nous devons cette récolte aux indications de M. le Professeur Allorge, à qui nous renouvelons nos sincères remerciements.

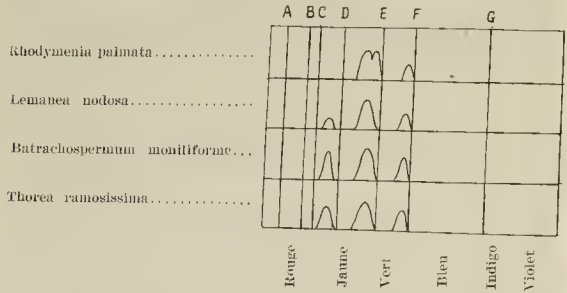
La plante est décrite par G. Hamel dans « Les Floridées de France » (*Revue Algologique*, II, p. 307, 1925); on pourra aussi se reporter aux articles de Schmitz [52], et de Möbius [53], et à la monographie de Schmidle [54] (avec figures).

Nous donnons ci-contre une planche de dessins d'après nature. (Pl. 2). On y voit l'algue entière, dont le port est caractéristique, et bien rendu par le terme de « ramosissima ». Les échantillons, récoltés au début d'août, ne dépassaient guère 40 cm., taille modeste pour l'espèce, qui atteint 1 mètre. Fixés à la coque d'une péniche, ils ondulaient au fil de l'eau. Leur couleur va de l'olivâtre au violacé; le pigment rouge, abondant, diffuse avec facilité quelques instants après la cueillette. On a pu en examiner le spectre d'absorption, et retrouver les résultats de Schmidle, qui le décrivit le premier.

Il nous semble intéressant, à cette occasion, de rapprocher en un tableau les observations spectrales que nous avons faites sur le pigment rouge des Floridées d'eau douce. A vrai dire, celles-ci seraient mieux nommées Algues violettes : la solution aqueuse de leur pigment complémentaire est nettement violacée, différant de la liqueur rose

Source MNHN Paris

franc, obtenue à partir d'un *Rhodymenia* par exemple. Les spectres accusent cette différence.



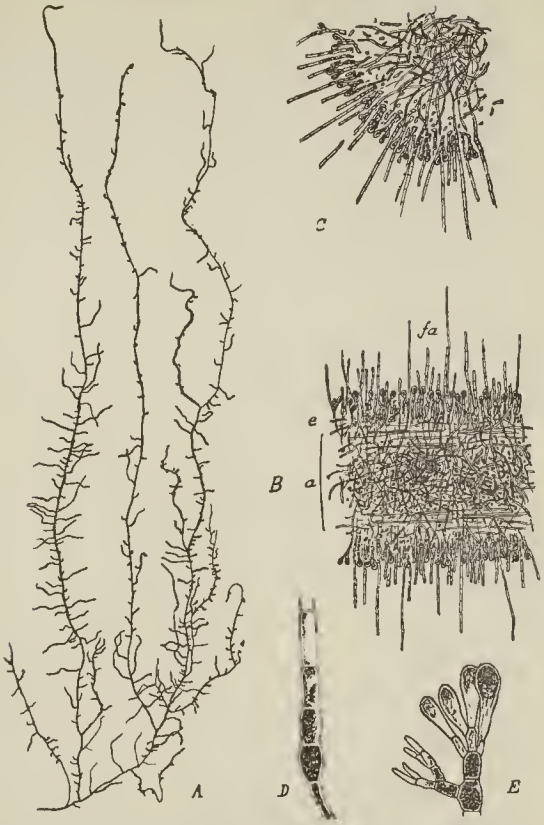
Chez les *Rhodymenia*, la phycoérythrine est seule présente. Dans le cas des *Lemanea* et *Batrachospermum*, les travaux de Kylin [55] permettent de rapporter à la phycocyanine la bande située entre les raies C et D. En raison de la similitude des spectres, la coexistence des pigments bleu et rouge paraît évidente aussi dans le cas des *Thorea*. La présence de phycocyanine n'est d'ailleurs pas en rapport direct avec l'habitat dulçaquicole : plusieurs Rhodophycées marines en contiennent.

A l'œil nu, et mieux à nu faible grossissement, la surface des *Thorea* apparaît couverte d'une épaisse chevelure, constituée de poils longs et fins, très fragiles ; leurs cellules fortement pigmentées ont un rôle surtout assimilateur. Quelques-uns sont figurés dans les coupes transversale et longitudinale d'un rameau, et la base d'un filament est représentée à part, plus grossie (Pl. 2, fig. B, C, D).

L'écorce de l'algue, qui donne naissance aux filaments assimilateurs, est aussi un tissu sporifère. On distingue sur les coupes de nombreuses spores pyriformes (quelques-unes sont représentées à part) ; il ne s'agit pas, croit-on, de carpospores ; malgré les observations de Schmidle, la sexualité est encore mal connue. L'axe du rameau est formé de filaments enchevêtrés en tous sens ; vers la périphérie, sous l'écorce, un certain nombre de ces filaments ont une course longitudinale.

Source MNHN Paris

RHODOPHYCÉES D'EAU DOUCE Pl. II.



Thorea ramosissima Bory.

A. Algue entière (réduit de moitié). — B. Coupe longitudinale (Gr. 50 D.) — *fa.*, filaments assimilateurs. — *e.*, écorce (remarquer les spores pyriformes). — *a.*, axe. — C. Coupe transversale (fragment). — D. Base d'un filament assimilateur. — E. Extrémité d'un filament cortical porteur d'un groupe de spores à divers degrés de développement. Dans ces deux dernières figures, on a indiqué en noir le contenu cellulaire colorable par l'iode. (Gr. 500 D.).

Source MNHN Paris

Les auteurs signalent, et nous l'avons vérifié, que les membranes cellulaires se colorent en bleu sous l'action du chlorure de zinc iodé. Cette réaction manifeste vraisemblablement (1) en elles un fonds cellulosique. Ici, comme dans le cas de *Lemanea,* il faut user d'un réactif très concentré en chlorure de zinc, ou mieux tremper les coupes un instant dans l'acide sulfurique concentré, et les porter ensuite dans l'eau iodée. Cette difficulté pour obtenir le bleuissement est due, croyons-nous, à l'abondance de la matière gommeuse qui imprègne les membranes : dans le cas de *Thorea,* elle donne une grande consistance au faux tissu formé des filaments enchevêtrés.

Quant au contenu cellulaire, surtout celui des spores, il prend dans une goutte d'eau iodée une coloration brun violacé intense. La substance mise ainsi en évidence forme des amas granuleux, réfringents mal délimités: nous avons rapporté plus haut (cf. p. 8) l'opinion de Möbius et de Schmitz, qui en ont fait une espèce d'amidon. Au premier examen, elle rappelle beaucoup le glycogène des *Lemanea,* et l'analyse chimique confirmera ce rapprochement.

II. — LES SUCRES SOLUBLES DANS L'ALCOOL

Sitôt la récolte, les algues égouttées ont été fixées dans l'alcool fort qui prend une teinte vert intense. On décante, on évapore l'alcool, on défèque par addition d'acétate basique de plomb, et non d'acide phosphotungstique, qui donne de mauvais résultats; l'excès de réactif est éliminé au moyen de l'acide sulfurique. La solution obtenue, ramenée à 220 cm³, est dextrogyre :

$$\alpha = +43'.$$

On en prélève 2 cm³ qui sont additionnés d'un peu de liqueur de Fehling. A l'ébullition, il se produit un précipité floconneux blanc, qui ne rassemble que des traces infimes d'oxydule : il n'existe pas de sucre réducteur libre.

On n'en trouve pas non plus après un séjour prolongé de l'extrait en présence de sucrase, ce qui indique l'absence de saccharose.

(1) Le bleuissement sous l'action du chlorure de zinc iodé n'est pas, il s'en faut, une réaction spécifique de la cellulose : on l'obtient aussi bien à partir de cendres végétales, de CO^3K^2, $CO^3(Am)^2$, etc... (Molisch, cité d'après Czurda [59]).

Source MNHN Paris

Une partie de la liqueur est ensuite concentrée et soumise à l'hydrolyse sulfurique (2 % d'acide; température 100°). Il est malheureusement nécessaire de décolorer le milieu au noir, après 30 minutes, pour pouvoir lire la déviation, d'où quelque imprécision des résultats.

Temps	Déviation (sous 1 dem. d'épaisseur)	Réducteur % (en galactose)	$[\alpha]_D$
0	+ 1°40′		
1 h.	54′		
1 h. 30 m.	44′	0,70	
2 h. 30 m.	42′	0,76	
3 h. 30 m.	42′	0,76	92

Un chauffage plus prolongé, même à 120°, pendant 20 minutes, ne modifie pas ces résultats.

Le reste de l'extrait de *Thorea* fut additionné de 1/5e en volume d'autolysat de levure basse et abandonné à neutralité et à 37°. Il se produit une hydrolyse :

Temps (en jours)	Déviation	Réducteur % (en galactose)	$[\alpha]_D$
0	+ 2°40′	traces	
2	1°38′		
5	1°22′		
7	1°20′		
14	1°10′		
16	1°12′	0,33	90

Après ce temps, on dilue de moitié, en maintenant constante la concentration en autolysat : Quatre jours plus tard, aucun changement n'est survenu : on en peut conclure que l'attaque est terminée.

Que signifient ces résultats ? Rapprochés de ce qu'on observe chez les *Lemanea*, ils conduisent à penser que le floridoside existe aussi chez les *Thorea*. Ce principe ne semble pas se trouver seul dans les liqueurs analysées : un autre corps paraît apporter des produits d'hydrolyse dextogyres.

Ces données sont d'ailleurs les seules que nous puissions présenter à ce jour. Des récoltes plus abondantes permettront de préparer des extraits purifiés et de fixer avec certitude la nature des glucides dextrogyres de *Thorea*.

Source MNHN Paris

III. — LA GOMME

Séparées de l'alcool de fixation, les algues ont été reprises quatre fois par l'alcool fort, à chaud, en vue de les dépouiller complètement des sucres à petite molécule (1). Elles furent séchées ensuite à la température ordinaire (leur poids était alors de 28 grammes), puis traitées par 700 cm³ d'eau, au bain-marie bouillant, pendant 15 minutes environ, à quatre reprises. Les algues prennent une consistance très visqueuse : la gomme, qui unissait les filaments de leurs faux tissus, se gonfle et passe en solution dans l'eau chaude. On décante, on filtre, on concentre l'extrait.

La substance desséchée se présente en paillettes jaunâtres, hygroscopiques, auxquelles l'iode ne communique pas de coloration particulière. Elle précipite par l'alcool des solutions assez concentrées; elle coagule en présence d'acétate basique de plomb, même en milieu très étendu; l'acétate neutre est beaucoup moins actif; elle ne réduit pas la liqueur de Fehling, mais il se produit un floculat; la baryte provoque aussi la floculation, mais non pas la soude.

En dépit de filtrations répétées, il est très difficile de déterminer les propriétés optiques des solutions de la gomme elle-même. Les données ci-dessous, relatives à son hydrolyse, montrent qu'elle est lévogyre, $[\alpha]_D$ dépassant, en valeur absolue, — 116.

L'hydrolyse est effectuée par l'acide sulfurique à 2 %, à 100°.

Temps	Déviation	Réducteur	$[\alpha]_D$
15 m.	— 1° 5′	0	
30 m.	— 54′	traces	
1 h.	— 34′	traces	
2 h.	— 16′	nettement réducteur	
3 h. 30 m.	0		
4 h. 30 m.	+ 12′	0,47 (en glucose)	21 (environ)
5 h. 30 m.	+ 12′		

(1) En ajoutant à la déviation du premier extrait les déviations polarimétriques résiduelles (lues après défécation au plomb), on obtient au total $\alpha = + 58'$, pour la liqueur dont le volume en cc est égal au poids des algues en grammes. Au mois d'août, la teneur des *Thorea* en sucres solubles apparaît donc faible, comparée à celle des *Lemanea*.

Source MNHN Paris

Un temps de chauffe plus considérable, même à 120°, ne modifie pas ces résultats.

L'hydrolysat est alors neutralisé exactement par le carbonate de baryum; on filtre; le pouvoir rotatoire spécifique, déterminé à nouveau, est égal à + 14.

La liqueur est desséchée sous le vide, et la substance sèche épuisée par l'alcool très fort. On distille l'extrait, on reprend par un peu d'eau. La solution obtenue, dépourvue de baryum, est additionnée d'acide acétique et de phénylhydrazine. La précipitation d'une hydrazone en forme d'oursins commence presque aussitôt. Le précipité recueilli est lavé au benzène, et redissous dans l'eau bouillante. De la solution, filtrée à chaud, l'hydrazone cristallise par refroidissement. La forme des sphéro-cristaux et le point de fusion ne permettent aucun doute sur leur nature ; il s'agit de la mannosehydrazone.

La gomme de *Thorea* est donc un mannoside. C'est dire qu'elle diffère beaucoup des gommes rencontrées jusqu'ici chez les Algues. On pourrait peut-être la rapprocher des mucilages lévogyres, à base de mannose, qui donnent aux tissus de certaines Monocotylédones (bulbes de Lis...) une grande viscosité (1).

IV. — LE GLYCOGÈNE

Les traitements précédents ont laissé dans les algues une quantité importante de gomme, qu'il est très difficile d'extraire par l'eau chaude. La potasse diluée ne la dissout guère mieux, et solubilise en même temps une certaine quantité de substance colorable par l'iode. Renonçant donc à poursuivre l'épuisement sélectif de la gomme, on a cherché à extraire le plus possible de substance colorable.

Les algues, mélangées de sable, puis sécbées, sont pulvérisées au mortier ; la poudre est traitée, pendant 45 minutes, à l'ébullition, par 750 cm³ de potasse à 1 %. On décante, et le dépôt lui-même est centrifugé, afin d'éviter toute perte de liqueur.

Celle-ci précipite abondamment par addition d'acide chlorhydrique en léger excès. Après filtration du floculat, formé surtout de matières azotées, on peut constater que le milieu est lévogyre (— 16°) ;

(1) Cf. J. Parkin. — On a reserve carbohydrate, which produces mannose, from the bulb of *Lilium*. — *Proceed. of Cambridge Philos. Soc.* 11, 2, 1901, p. 139

Source MNHN Paris

il se colore en violet intense en présence d'iode. Nous allons montrer qu'il s'agit d'un mélange de glycogène et de gomme, celle-ci étant assez abondante pour imposer son signe optique.

On concentre la liqueur (en milieu neutre), à 40 cm³, et l'on ajoute un volume d'alcool absolu. Le précipité, lavé et séché, pèse environ 0 gr. 5. On le dissout dans l'eau chaude, et la solution est additionnée d'un peu de poudre de pancréas. La réaction de coloration en présence d'iode est abolie en quelques instants et définitivement. Après abandon de quelques heures à 50°, on précipite par affusion d'alcool les substances inattaquées. On filtre : la liqueur est distillée, puis déféquée par l'acide phosphotungstique. Elle est nettement dextrogyre (+ 55′) et réductrice.

L'hydrolyse est ensuite continuée sous l'action de l'acide sulfurique, avec les résultats suivants :

Temps	Déviation	Réducteur % (en glucose)	$[\alpha]^D$
0	+ 55′		
1 h.	34′		
2 h.	20′	0,32	53

Nous avions trop peu de liqueur (12 cm³) pour préparer une osazone. On ne pouvait douter cependant que le produit de l'hydrolyse fût du glucose. Ici, comme dans le cas de *Lemanea*, l'amylase a bien agi sur un corps « glycogènique ».

CONCLUSIONS

On peut affirmer la présence dans les *Thorea* :

1° d'une gomme lévogyre, très visqueuse, à base de mannose ;

2° de glycogène.

Au sujet des sucres à petite molécule, notons l'absence de réducteur libre et de saccharose. Quant à la nature du produit dextrogyre, il faut être réservé, bien que la présence du floridoside soit très vraisemblable.

Source MNHN, Paris

CHAPITRE SIXIEME

ETUDE SOMMAIRE DU BANGIA ATROPURPUREA

I. — CARACTÈRES GÉNÉRAUX

Cette algue est assez fréquente, fixée aux roches, dans les eaux calcaires; on la trouve surtout sur les pierres des cascades peu abondantes (fontaines publiques par exemple), ou tapissant des parois ruisselantes. Ce dernier gîte est le plus propice aux récoltes : on a chance d'y trouver l'algue pure, formant parfois un rideau continu, rouge foncé, qu'on arrache facilement. Les stations assez riches pour satisfaire le chimiste restent cependant l'exception; tels furent pour nous les suintements d'eau douce dans les falaises calcaires littorales de Port-en-Bessin.

La plante ne se distingue pas morphologiquement de *Bangia fuscopurpurea,* l'espèce marine que les cytologues ont étudiée plus volontiers; on l'en sépare en raison de l'absence des *Bangia* dans les eaux saumâtres. Les filaments jeunes sont formés de cellules en une seule file, à membranes très épaisses, imperforées. Ces membranes fixent la safranine et le rouge de ruthénium; elles restent incolores dans le chlorure de zinc iodé, ou par traitement à l'acide sulfurique et à l'iode; elles demeurent intactes dans la liqueur de Schweitzer. Les cellules voisines de la base, dans chaque filament, émettent un prolongement qui, sur une certaine longueur, court dans l'épaisseur des membranes : bientôt il devient libre et forme rhizoïde. Dans les filaments plus âgés, les cellules se divisent par des cloisons radiales assez nombreuses, plus ou moins régulières (Pl. 3, fig. D, E). La reproduction s'effectue par spores directes ou gonidies, qui naissent par quatre, aux dépens d'une cellule mère (fig. C) (1).

L'histologie de *Bangia fuscopurpurea* a fait l'objet d'un étude

(1) On trouvera une description détaillée des *Bangia* dans « Les Floridées de France », par G. Hamel (Revue Algologique, I, 1924).

Source MNHN Paris

ancienne de Berthold [56], reprise récemment par P. Dangeard [57]. Pour Berthold, les spores neutres accumulent un produit soluble dans l'eau et colorable en brun par l'iode; de plus, les carpospores contiennent de petits grains d'amidon colorables en bleu par le même réactif (matériel conservé dans l'alcool). P. Dangeard observe aussi deux sortes d'amidon; le premier est l' « amidon floridéen », colorable en brun : « L'abondance de cet amidon est telle que les filaments de *Bangia*, qui sont à la veille de produire des spores neutres ou des carpospores, prennent sous l'action de l'eau iodée une teinte brun rougeâtre très accentuée qui se voit à l'œil nu » (loc. cit. p. 196). La seconde sorte est de l'amidon ordinaire, noircissant par l'iode : « ... cet amidon forme seulement de très petits grains autour du pyrénoïde ou sur le chromatophore; il est très peu abondant et ne s'accumule pas en vue de constituer une réserve dans les spores. Bien au contraire, les spores neutres n'en contiennent habituellement pas, et les carpospores, quand elles en possèdent, n'en ont pas plus que les cellules ordinaires du thalle, par exemple les cellules basales des filaments » (p. 197).

Nous avons pu constater que les filaments de *Bangia atropurpurea*, comme ceux de l'espèce marine, prennent une teinte brune dans l'eau iodée, brun très foncé quand il s'agit de thalles sporulés, ou de régions pourvues de rhizoïdes. Au microscope, le contenu cellulaire présente un fond uniformément teinté par l'iode en jaune cuivré plus ou moins foncé, sur lequel se détachent souvent quelques petits grains plus rouges, ou bien des amas ou tractus irréguliers, noirâtres, abondants surtout dans les cellules à rhizoïdes. La substance colorable en brun ne forme pas ici des masses confusément granuleuses, comme dans *Thorea* et *Lemanea*, mais semble imprégner uniformément le contenu cellulaire, comme en solution dans le cytoplasme. La coloration, brune est d'ailleurs peu solide; elle s'atténue notablement par simple lavage. D'après les données chimiques, il apparaîtra que le corps en question n'est pas de nature amylacée, amidon floridéen ou glycogène, mais bien une substance analogue aux gommes.

Quant aux tractus ou granulations qui se colorent en noirâtre, nous n'avons pu établir leur nature chimique : l'extraction en est pour ainsi dire impossible, à partir d'un poids minime d'algues.

Source MNHN Paris

II. — L'EXTRAIT ALCOOLIQUE

110 grammes d'algues fraîches, récoltées fin septembre, furent fixés dans l'alcool bouillant. Le pigment rouge était abondant, mais la chlorophylle, en petite quantité, ne colorait l'extrait qu'en vert pâle (1).

Après évaporation de l'alcool, le résidu aqueux est additionné d'acétate basique de plomb. On filtre le floculat, et l'excès de plomb est éliminé par une goutte d'acide sulfurique. Le volume de la liqueur, L, est 42 cm³ ; elle est dextrogyre :

$$\alpha = +1°14'.$$

et, si l'on rapporte la déviation au volume de 110 cm³

$$\alpha' = +28'.$$

On prélève 1 cm³ de l'extrait L, qu'on additionne d'un peu de liqueur de Fehling. Il se produit à l'ébullition un précipité floconneux blanc, qui ne ressemble pour ainsi dire pas d'oxydule.

Après plusieurs heures de contact avec la sucrase, il n'est pas apparu de réducteur.

On a ensuite pratiqué l'hydrolyse par l'acide chlorhydrique à 5 % en poids. Voici les résultats :

Temps	Déviation	Réducteur % (en galactose)	$[\alpha]_D$
0	+ 1° 6′	0	
30 m.	26′	0,22	
1 h.	26′	0,22	93
1 h. 30 m.	26′		

Enfin 20 cm³ de la liqueur primitive L ont été neutralisés exactement, additionnés de 2 cm³ d'autolysat de levure basse, et abandonnés à 37°. Il se produit une hydrolyse :

(1) Une certaine quantité d'algues ont été traitées par l'alcool à froid. La liqueur présente, au spectroscope, la même bande d'absorption dans le rouge qu'une solution de chlorophylle de graminée.

Source MNHN Paris

Temps (en jours)	Déviation	Réducteur % (en galactose)	$[\alpha]_D$
0	+ 1° 6′		
1	48′		
2	40′		
6	32′		
13	24′		
20	24′	0,24	83

L'ensemble de ces résultats rappelle de très près ce que nous avons observé en étudiant les espèces précédentes : absence de sucre réducteur libre et de saccharose, présence d'un corps destrogyre hydrolysable par les acides et par l'extrait de levure basse. S'agit-il du floridoside ? Nous ne saurions évidemment l'affirmer, avant que des récoltes abondantes n'en aient permis la préparation.

III. — LES EXTRAITS AQUEUX

Les algues, essorées après la fixation, sont épuisées à trois reprises par 700 cm³ d'alcool à 75-80°, ce qui les débarrasse des produits dextrogyres solubles (1).

On les laisse alors macérer dans 700 cm³ d'eau pendant 30 minutes, à 100°, et l'opération est répétée une fois. La liqueur est décantée et filtrée ; après concentration, elle devient visqueuse, et faiblement colorable par l'iode en brun violacé. Quand le volume est réduit à 40 cm³, on ajoute 2 % d'acide sulfurique, et on porte au bain-marie bouillant. Après 5 minutes, on peut filtrer et examiner au polarimètre. Voici la marche de l'hydrolyse :

(1) Le second extrait, après distillation et défécation, est examiné au polarimètre : $\alpha_2 = + 15'$ volume 20cm3

Pour le 3e extrait, on note : $\alpha_3 = + 3'$ volume 18cm3

Source MNHN Paris

Temps	Déviation	Réducteur %	$[\alpha]_D$
5 m.	— 22′		
10 m.	— 20′		
45 m.	0	0	
1 h. 15 m.	0	0,37	
2 h.	+ 10′	0,45	
2 h. 30 m.	+ 10′	0,50	de l'ordre de 16.
3 h.	+ 10′	0,47	

Les algues sont ensuite desséchées, puis coupées aux ciseaux en fragments très menus. On les traite sous cet état par une solution de potasse (à 8 % environ), au bain-marie bouillant pendant près de deux heures. On décante la liqueur brune, et on l'acidule par HCl : il se produit un précipité floconneux grisâtre, consistant surtout en matières azotées, qu'on élimine en filtrant. L'extrait neutralisé est ensuite amené au volume de 40 cm³ : il est alors très visqueux. On ajoute de l'alcool jusqu'à précipitation complète. Le floculat, gris jaunâtre, est séparé et lavé à l'alcool. Séché, il pèse 2 gr. 3; redissous dans l'eau, il donne une liqueur visqueuse, colorable en brun rouge par l'iode.

La poudre de pancréas est sans action sur cette liqueur.

Après l'addition du ferment, le brunissement en présence d'iode persiste, même au bout d'un temps très long. Sans doute, la réaction est atténuée, mais il suffit d'un changement d'état physique du milieu pour qu'elle se manifeste avec son intensité première : si par exemple on dessèche quelques gouttes du liquide, puis qu'on humecte avec très peu d'eau iodée, la substance brunit fortement. Nous avions observé des faits analogues en étudiant certaines géloses (cf. page 56).

Si d'ailleurs, après un long séjour à l'étuve, on sépare, par précipitation au moyen de l'alcool, les substances gommeuses inattaquées, la liqueur restante est optiquement inactive et sans pouvoir réducteur; elle n'est pas modifiée par l'action des acides : on ne peut déceler aucune saccharification. Quant à la gomme précipitée, elle se colore, sous cet état, en brun intense par l'iode; la teinte disparaît quand on dissout la substance dans un peu d'eau; cette solution, après concentration ou dessication, est à nouveau colorable. C'est là ce qu'on observe quand la coloration produite par le métalloïde dépend bien plus de l'état de condensation des micelles, que de la nature chimique du corps considéré.

En vue de préciser les caractères de cette gomme, on a dissous

Source MNHN Paris

dans 15 cm³ d'eau le floculat souillé d'un peu de diastase. La solution ne peut être étudiée telle quelle, mais un traitement de 5 minutes par l'acide sulfurique à 2 % permet de filtrer et d'examiner au polarimètre. L'hydrolyse est ensuite poussée à son terme et donne les résultats suivants :

Temps	Déviation (sous 1 dem. d'épaisseur)	Réducteur % (en glucose)	$[\alpha]_D$
5 m.	— 38′		
45 m.	— 12′		
2 h. 30 m.	+ 10′ à 12′	1,15	15 à 17

Si l'on admet que la concentration du réducteur, en fin d'expérience, représente celle de la gomme initiale, on trouve pour cette dernière un pouvoir rotatoire dépassant — 55 (en valeur absolue). Ce chiffre se rapporte à un mélange du produit colorable par l'iode avec les substances constitutives des membranes, incolores en général dans ce réactif, mais partiellement dissoutes dans la potasse.

Ainsi nous n'avons pu trouver, dans les *Bangia*, de substance glycogénique. Il serait téméraire d'affirmer qu'elles en sont dépourvues, étant donné la faible quantité de matériel traité. Cependant il est certain que la coloration brune si frappante, prise par ces algues imbibées d'iode, provient d'un constituant lévogyre analogue aux gommes, sans rapport avec l'amidon floridéen.

Certaines anomalies histochimiques signalées dans les *Bangia* pourraient peut-être trouver ici leur explication, en particulier le fait signalé par P. Dangeard [58, p. 218] que l' « amidon » de ces algues n'est dissous ni par le formol, ni par le réactif de Regard, considérés par Mangenot [59, p. 206] comme des solvants de l'amidon floridéen.

Quoi qu'il en soit, ces résultats montrent quelle prudence est de rigueur quand il s'agit d'interpréter les effets de l'iode sur le contenu cellulaire.

Source MNHN Paris

CHAPITRE SEPTIÈME

ETUDE SOMMAIRE DE BATRACHOSPERMUM MONILIFORME

I. — CARACTERES HISTOCHIMIQUES

La morphologie, le développement, l'histoire nucléaire ont été étudiés dans les Batrachospermes, mais on sait encore fort peu de chose des substances qu'ils élaborent. Ces dernières années pourtant, Haas et Hill [60] ont abordé l'étude chimique du *Batrachospermum moniliforme,* Roth., en y recherchant les polyols; le résultat fut d'ailleurs négatif. Cette recherche exceptée, on ne possède sur ces algues que des données histologiques.

La cellulose existe dans les membranes, mais seulement lorsqu'elles ont atteint un certain développement, comme l'ont montré en particulier von Solms Laubach [61] et Sirodot [62]. Si l'on plonge un fragment d'algue fructifiée dans le chlorure de zinc iodé, seul l'axe bleuit, les autres parties prennent une teinte vert pâle ou restent incolores. Il faut employer un réactif très concentré, et essuyer l'algue avant l'essai (par exemple en la promenant sur un fragment de porcelaine) : les Batrachospermes en effet retiennent beaucoup d'eau, à cause de la substance mucilagineuse, du « gélin » caractéristique qui les enrobe (1).

Plusieurs auteurs ont étudié les inclusions cytoplasmiques, en s'adressant le plus souvent au *B. moniliforme.* Lorsqu'on plonge l'algue fructifiée dans la liqueur iodo-iodurée, le brunissement des gonimoblastes est très frappant. Les cellules végétatives prennent aussi une teinte brune, mais beaucoup plus pâle : ces caractères ont été dé-

(1) Le *Chantransia* ne présente pas de gélin. Ses membranes bleuissent dans le chloroiodure de zinc, la teinte devenant seulement plus pâle dans les parties jeunes (Sirodot). Nous n'avons étudié ici que la phase Batrachosperme.

Source MNHN, Paris

crits par von Solms Laubach. D'après cet auteur, les vacuoles sont très petites dans les cellules jeunes; plus tard elles grandissent et leur contenu tient en suspension de nombreux granules, colorés faiblement en brun par l'iode. Pour Schmitz (cité d'après Czurda [63]), les cellules âgées, dans la même espèce, contiennent des grains amylacés groupés surtout autour du noyau. Selon Schmidle [64], le contenu des spores est analogue à celui des monospores de *Thorea ramosissima*.

Sirodot [65 p. 167 et suivantes] décrit des globules refringents, inclus d'abord dans le protoplasme, « plus nombreux autour du noyau, qu'ils rendent plus apparent », et dont quelques-uns tombent dans les vacuoles. L'auteur distingue :

1° les globules, petits, sphériques, transparents, très peu nombreux dans chaque cellule (2 à 6), rencontrés dans *B. moniliforme* Roth et *B. testale* Sirdt. Cette description fait songer à des gouttelettes lipidiques.

2° les corpuscules, affectant des formes diverses, et susceptibles d'acquérir des dimensions relativement grandes, translucides, souvent nombreux; l'iode les colore en jaune rougeâtre; ils sont insolubles dans l'alcool et l'éther, mais dissous par la potasse. On ne trouve ces corpuscules que dans quelques espèces; ils sont abondants dans certaines variétés de *B. vagum*, Ag. L'auteur les désigne sous le nom de « lencites » et leur attribue la composition générale du protoplasma.

Sirodot n'a pas insisté sur le brunissement du *B. moniliforme* dans l'eau iodée. D'abord insensible, ce caractère s'accentue à mesure qu'avance la saison. Nous avons observé en décembre des échantillons sexués, porteurs de gonimoblastes à leur début, mais l'iode les teintait à peine; en avril le brunissement est net; à la fin mai, les algues deviennent dans l'eau iodée d'un brun presque noir.

En ce qui concerne le *B. vagum*, nous n'avons pas eu l'occasion d'observer les variétés *keratophyllum* et *flagelliforme*, où Sirodot signale des « corpuscules » abondants. Nous avons seulement trouvé des variétés stériles, portant de nombreuses sporules. Celles-ci brunissent nettement dans l'eau iodée, ainsi que les cellules voisines.

Source : MNHN, Paris

II. — RECOLTE ET CONDITIONS DE L'ÉTUDE CHIMIQUE

Nous avons récolté le *B. moniliforme*, en quantités importantes, dans un ruisseau de la forêt de Rambouillet. Les eaux, issues des sables ferrugineux, drainent des prés à Sphaignes, évoluant vers la tourbière. L'algue s'y rencontre sur les pierres seulement, et à l'état presque pur; elle est abondante depuis mars jusqu'à fin mai; plus tard elle décline et les Diatomées pullulent. On sait que les Batrachospermes présentent un cycle de développement analogue à celui des *Lemanea;* comme eux, ils prospèrent en hiver et au printemps. Mais ils n'ont pas les mêmes exigences quant à la qualité des eaux : on les rencontre fréquemment en pays calcaire : P. Frémy [66] a même décrit des échantillons de *B. moniliforme* fortement incrustés de carbonate de chaux.

Quelques heures après la récolte, qui consiste simplement à râcler les pierres, les algues étaient rapidement lavées et triées, puis essuyées autant que possible sur des linges. Leur poids, sous cet état, est ce que nous appelons le « poids frais ».

Les *Batrachospermes* méritent une étude chimique complète, parallèle à celle des autres genres. Toutefois le présent travail n'en est encore qu'une ébauche, en raison de difficultés particulières. Le matériel présente une teneur très faible en substance sèche, encore plus faible en glucides; la séparation de ces derniers est très pénible, en raison de la solubilité du gelin dans l'alcool.

III. — QUELQUES DONNÉES SUR LA COMPOSITION MINERALE

Teneur en eau. — On fait sécher sur des assiettes, à la température ordinaire, 180 grammes d'algues fraîches. Après dix jours, le poids est réduit à 6 grammes, soit une perte de 96,6 %.

71 grammes d'algues fraîches, récoltées en avril, ont été desséchés à l'étuve. A 110°, le poids de la substance se stabilise à 1 gr. 76. La teneur en eau était donc de 97,5 % environ. Des algues récoltées au milieu de mai ont donné le même résultat. (Cf. teneur en eau des *Lemanea :* 88 % environ).

Source MNHN Paris

Teneur en cendres. — On porte au rouge sombre 2 gr. 311 d'algues préalablement séchées à 110°. Les cendres sont de couleur ocracée. Leur poids se stabilise à 0 gr. 388, soit 16,8 % du poids de la substance sèche (*Lemanea :* 12 % environ).

Alcalinité des cendres. — On fait deux parts de ces cendres :

1° La moitié (soit 0 gr. 194) est traitée par 300 cm³ d'eau bouillante. Après filtration et concentration, on neutralise, en présence de méthylorange, par l'acide sulfurique N/10. Le virage est obtenu en versant 1 cm³ 9 de liqueur titrée.

2° L'autre moitié est traitée par 30 cm³ d'acide sulfurique N/10; on laisse en contact plusieurs heures, puis on filtre et on neutralise par la soude décinormale, en présence de méthylorange. Le volume de soude est 22 cm³ 4. L'alcalinité totale des cendres correspond à 30 — 22,4 = 7,6 cm³ d'acide, et l'alcalinité insoluble à 7,6 — 1,9 = 5,7 cm³ d'acide.

Le rapport de l'alcalinité insoluble à l'alcalinité soluble est égal à 3 (*Lemanea :* 3,2).

Après le traitement des cendres par l'acide sulfurique, il reste un abondant résidu rouge, qui pèse 0 gr. 126, soit 60 % environ du poids des cendres.

Composition des cendres. — Une étude sommaire donne les résultats suivants :

Dans la partie soluble dans l'eau, on trouve surtout des sulfates et du potassium, un peu de chlorures, très peu de calcium et de magnésium, pas de phosphates.

La partie insoluble dans l'eau contient des phosphates, du magnésium, mais très peu de calcium. Le fer est très abondant, mais il provient surtout de l'hydrate retenu mécaniquement par les algues.

IV. — EXTRAIT ALCOOLIQUE

Selon la technique habituelle, les algues sont traitées par l'alcool bouillant. Elles deviennent rougeâtres, tandis que la chlorophylle, abondante, passe en solution. Le gélin aussi se dissout en partie, et rend l'extrait visqueux : même en fixant les algues dans trois fois leur poids d'alcool absolu, on ne peut qu'atténuer cet inconvénient.

Source MNHN Paris

Après décantation, on chasse l'alcool sous pression réduite. La liqueur obtenue est d'aspect laiteux, vert grisâtre, neutre, d'une grande viscosité. Elle ne floculle pas en milieu barytique, ni au moyen de l'acide phosphotungstique. L'acétate basique de plomb provoque une prise en masse. C'est dire que la défécation est difficile ; nous avons eu premier lieu adopté le plomb, qu'on ajoute peu à peu au milieu dilué, en agitant très vigoureusement.

Après filtration, l'excès de réactif est éliminé par l'acide sulfurique. La liqueur, légèrement verdâtre, est concentrée à basse température. Si on l'additionne alors de liqueur de FEHLING, on obtient, même à froid, un floculat notable, mais aucune réduction ne se produit. Examinée au polarimètre, elle se montre nettement dextrogyre :

Date de la récolte	Poids d'algues fraîches	Volume de l'extrait	α
5 avril	460 gr.	23 cm³	+ 26′
13 mai	626	31	+ 1°32′
26 mai	232	12	+ 1°42′

Même rapportées au poids sec, ces déviations sont très faibles, relativement à celles qu'on observe dans l'étude des *Lemanea*.

Ajoutons à ces liqueurs concentrées un peu d'acide phosphotungstique : on obtient une nouvelle et très abondante défécation, et la déviation diminue très notablement. On lit par exemple :

Avant défécation au tungstène	+ 34′
Après — —	+ 18′

(liqueur ramenée au vol initial).

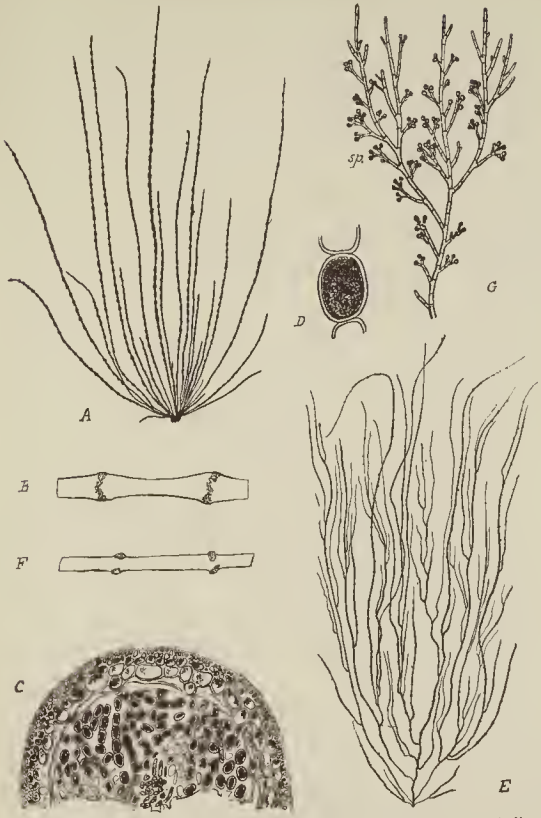
Il semble donc très probable que les déviations, dont nous donnons plus haut la liste, sont à rapporter, en partie, à des substances gommeuses échappant à la défécation plombique.

La sucrase n'a aucune action sur ces liqueurs : elles ne contiennent donc pas de saccharose.

L'hydrolyse au moyen des acides (SO^4H^2 2 %) est pénible : nous avons dû employer l'autoclave pour l'achever. Voici le compte-rendu d'une expérience (algues de mai) :

Source MNHN Paris

RHODOPHYCÉES D'EAU DOUCE Pl. III.



Lemanea nodosa. Kütz. A. Algue entière (un peu réduit). B. Fragment d'un filament montrant les anneaux de tissu anthéridifère (Gr. 4). C. Coupe transversale (Gr. 50 D). D. Une spore (Gr. 300 D).

Sacheria fucina, Sirdt. E. Algue entière (réduit de moitié). F. Fragment d'un filament montrant les papilles anthéridifères (Gr. 4).

Andouinella violacea, (Kütz), Hamel. G. Algue entière (Gr. 35). — sp. bouquet de spores.

Source MNHN Paris

	Temps	Déviation	Réducteur (en glucose)	$[\alpha]_D$
	0	+ 1°40′	0	
B.-M. bouillant	30 m.	1°26′		
	1 h. 30 m.	1°10′		
autoclave 120°	45 m.	56′		
	1 h. 30 m.	44′		
	2 h.	44′	0,41	89
	2 h. 30 m.	»	0,41	

Nous retrouvons dans cette hydrolyse les caractères qui nous sont familiers. Cependant l'interprétation analytique reste très incertaine. En effet, l'action de l'autolysat de levure basse n'a pu encore être étudiée : le milieu, trop complexe, précipite le ferment. Nous disposions, d'autre part, de trop peu d'extrait, pour en entreprendre la purification.

V. — CARACTERES DU GELIN

Les algues récoltées le 4 avril (voir au précédent paragraphe), séparées de l'alcool de fixation, ont été séchées et broyées au mortier : on obtient ainsi une poudre brun rouge pesant 13 gr.

Cette poudre est traitée à deux reprises par 100 cm³ d'alcool à 90 bouillant. Les extraits ne sont pas visqueux, et le second à peine verdâtre; après évaporation de l'alcool et de défécation au plomb, ils fournissent une liqueur très peu dextrogyre (+ 10′ sous le volume de 10 cm³), et très pauvre en résidu sec.

La poudre d'algues est alors épuisée non par l'eau, qui solubilise la masse du pigment rouge, mais par l'alcool à 60°. Le gélin s'y dissout facilement à chaud; après quelques jours de repos, on peu décanter l'extrait alcoolique à peine jaunâtre. On chasse l'alcool; la solution aqueuse de gomme est très visqueuse; elle ne donne pas de réaction avec l'eau iodée, la liqueur de Fehling, la baryte, la soude, l'acétate neutre de plomb; elle précipite par l'acide phosphotungstique, et, d'une manière massive, par l'extrait de Saturne.

Une hydrolyse de cinq minutes, à 100°, par l'acide sulfurique à 2 %, fait disparaître complètement la viscosité; on peut filtrer pour examiner au polarimètre : la liqueur est *dextrogyre*. Dans les condi-

Source MNHN Paris

tions indiquées, l'hydrolyse est très longue; en employant l'acide à 4 %, il suffit de porter une demi-heure environ à 120° pour atteindre le terme. L'hydrolysat est dextrogyre; neutralisé par le CO^3Ba, il présente les caractères suivants :

Déviation	Réducteur % en glucose	$[\alpha]_D$
1°12′	0,745	80

Si l'on traite la poudre d'algues totale par SO^4H^2 à 2 % à 100°, la liqueur, après une demi-heure d'hydrolyse est dextrogyre; ensuite la déviation diminue et l'hydrolysat devient lévogyre.

VI. — MISE EN ÉVIDENCE DU GLYCOGENE

On sait que les algues récoltées à la fin mai deviennent d'un brun rouge intense dans l'eau iodée : nous avons pu en extraire facilement le principe colorable, qui n'est autre que du glycogène. Après l'épuisement par l'alcool, on prélève une vingtaine de grammes d'algues essorées; on les traite par un grand volume d'eau bouillante, pour dissoudre le plus possible de mucilage, puis on y incorpore du sable, on dessèche et l'on broie au mortier. La poudre obtenue est traitée par la potasse à 4 % bouillante pendant 15 minutes environ.

On purifie cet extrait comme il a été dit aux chapitres précédents, puis on le concentre à 15 cm³ environ : il est assez peu visqueux, et se colore en brun rouge intense par une trace d'iode. On précipite la substance en ajoutant un volume d'alcool à 95. Le floculat, par son aspect pulvérulent, ne semble pas très riche en mucilages. Après lavage, on le redissout dans 25 cm³ d'eau. Cette solution est peu visqueuse, non réductrice, dextogyre (+ 2°). Traitée par la poudre de pancréas, elle perd très rapidement la propriété de se colorer en brun rouge sous l'action de l'eau iodée, et cette perte est définitive. On laisse agir le ferment pendant quelques heures à 50°, puis on filtre et l'on examine au polarimètre. La déviation, primitivement égale à + 2° n'est plus que de 1°28′, et la liqueur est devenue nettement réductrice.

Celle-ci est alors déféquée par le plomb, et l'on achève l'hydrolyse au moyen de l'acide sulfurique à 2 %, à 100°. La déviation diminue de moitié; le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D$ garde finalement une valeur assez

Source MNHN Paris

élevée [+ 68], en raison de la présence d'une petite quantité de gomme dextrogyre, incomplètement précipitée par le plomb.

Cet essai analytique, bien que rapide, permet de conclure, en toute certitude, à l'abondance du glycogène dans le *Batrachospermum moniliforme*, récolté au mois de mai.

VII. — AUTOLYSE

250 grammes d'algues fraîches, récoltées fin avril, ont été abandonnées dans le même poids d'eau distillée, sous toluol, pendant un an et demi.

L'autolysat est nettement réducteur. 180 cm³ ont été concentrés au dixième et déféqués par l'acide phosphotungstique. Amenée à 25 cm³ la liqueur présente alors les caractères suivants :

Déviation	Réducteur % en glucose	$[\alpha]_D$
+ 14′	0,35	33

La teneur de l'autolysat en réducteur (exprimé en glucose) est donc de 0,048 % (3,57 % pour les *Lemanea*).

La quantité de réducteur formé, pour 100 d'algues sèches, est de 2 gr. environ (elle était de 16 gr. dans les cas des *Lemanea*).

On a soumis à l'hydrolyse cette liqueur réductrice (SO^4H^2 2 %, 100°). Voici le résultat obtenu :

Temps	Déviation	Réducteur % (en galactose)	$[\alpha]_D$
0	+ 14′	0,35	33
30 m.	+ 30′	0,50	50
1 h.	+ 28′	0,50	»

Le pouvoir réducteur augmente donc notablement (près de 50 % de sa valeur primitive), ainsi que $[\alpha]_D$.

La perte de la viscosité des algues et leur dissociation montre que le gélin a fourni une partie des produits d'autolyse. Bien que paraissant atténué, le brunissement de nombreuses cellules dans l'eau iodée est encore observable.

Source MNHN Paris

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Cinq espèces de Rhodophycées d'eau douce, appartenant aux genres *Lemanea*, *Sacheria*, *Thorea*, *Batrachospermum*, *Bangia*, ont été analysées dans le présent travail. On a recherché, par les procédés de la chimie, la nature des glucides élaborés. Les résultats essentiels sont les suivants :

1. Aucune de ces plantes ne renferme de sucre réducteur libre, ni de saccharose, en quantité dosable; elles sont en cela conformes à l'ensemble des Algues non vertes.

2. Les extraits alcooliques de *Lemanea* et de *Sacheria* sont très dextrogyres. D'une grande richesse en sels (KCl surtout), ils sont difficiles à purifier. Cependant on a pu obtenir, à l'état cristallisé, les sucres qu'ils renferment. Ce sont le *floridoside* et le *tréhalose* (en tout, environ 1 gr. pour 100 de *Lemanea* frais).

Le floridoside est un α-galactoside du glycérol, découvert dans les Rhodophycées marines, dont il est le constituant glucidique original. Sa présence dans les *Lemanea*, d'écologie si différente, montre que le chimisme des Algues dépend surtout des affinités systématiques.

Le tréhalose, trouvé en petite quantité à côté du floridoside, était jusqu'à ce jour inconnu chez les Algues, et exceptionnel dans le monde des plantes autotrophes. Ce sucre n'est pas accompagné de mannitol, au moins en quantité décelable, contrairement à ce qu'on observe dans beaucoup de Champignons.

3. Dans les autres espèces, les principes glucidiques solubles dans l'alcool rappellent ceux des Lémanéacées par bien des caractères, en particulier le pouvoir rotatoire droit, élevé, et l'hydrolyse sous l'action de la galactosidiase α. La quantité restreinte de matériel ne nous a pas permis de préparer les sucres à l'état de pureté.

4. Les Lémanéacées abandonnent à l'eau chaude un mélange de matières mucilagineuses, qui proviennent surtout de la membrane des spores, gélifiée en surface. Ce mélange est *dextrogyre;* sous l'ac-

Source MNHN Paris

tion hydrolysante des acides, il donne naissance à plusieurs corps réducteurs, le pouvoir rotatoire global étant voisin de + 14.

Après épuisement à l'eau chaude, les Algues traitées par la potasse diluée fournissent une solution de gommes *lévogyre*, fluide à chaud, se gélifiant par refroidissement. Ces gommes imprègnent toutes les membranes du thalle. Leur hydrolyse conduit à un mélange de sucres, pour lequel $[\alpha]_D$ est voisin de + 10. Parmi ces sucres figurent le *galactose* et l'arabinose.

5. Le faux tissu de *Thorea* doit sa cohérence à une gomme épaisse qui cimente les filaments. Celle-ci se dissout dans l'eau chaude en formant une liqueur très visqueuse, lévogyre ($[\alpha]_D$ voisin de — 120°). Par hydrolyse, elle donne naissance à du *mannose* (sans doute exclusivement).

6. Le gélin des Batrachospermes se distingue des autres mucilages que nous avons décrits par sa solubilité dans l'alcool. Il est dextrogyre, et l'hydrolysat possède un pouvoir rotatoire droit élevé.

7. Dans toutes les Algues que nous étudions, les histologistes ont signalé, à l'intérieur des cellules, des substances figurées colorables en brun ou en violacé par l'eau iodée. Se fondant sur cette seule réaction, on a parfois conclu, imprudemment, à la présence de glycogène ou d'amidon floridéen. Pour déterminer de quelles substances il s'agit, l'analyse macrochimique apparaît aujourd'hui indispensable.

Ce qu'on doit attendre, avant tout, de la chimie, c'est de rendre impossible la confusion entre les matières amylacées et les gommes colorables par l'iode. Or la seule analyse que l'on possédait jusqu'à ce jour, celle des *Lemanea*, due à Errera, ne répond aucunement à cette exigence; elle est donc sans valeur.

Un étude chimique complète de l'amidon floridéen exigerait que le produit fût d'abord préparé à l'état pur. Cette condition n'a pu être remplie, en raison de la quantité restreinte du matériel et de sa richesse en gommes. On a seulement cherché à reconnaître, sur des extraits encore impurs, les propriétés caractéristiques des matières amylacées. Cette première étude permet déjà des conclusions certaines. Un des meilleurs procédés consiste à soumettre les extraits à l'action d'un ferment bien choisi, l'amylase pancréatique.

8. Les Lémanéacées contiennent, surtout dans les spores, une substance très analogue au *glycogène*, Colorable en brun violacé par

Source MNHN Paris

l'iode, soluble dans l'eau, surtout en milieu alcalin, précipitable par l'alcool, elle est fortement dextrogyre ($[\alpha]_D > 160°$), et donne naissance, par hydrolyse, à du *glucose*, obtenu à l'état cristallisé. Le meilleur procédé d'extraction de ce glycogène consiste à partir des spores pures, que l'on broie avec du sable à l'état sec, pour les traiter ensuite par une solution de potasse concentrée.

On sait que le glycogène et le tréhalose coexistent chez les Champignons. La même association de glucides, dans les groupes de plantes si différents, mérite d'être retenue.

L'abondance du glycogène chez les *Lemanea* n'est pas sans rapport avec leur teneur relativement faible en sucres solubles; les *Rhodymenia*, qui n'élaborent pas de réserves amylacées en quantité dosable, sont beaucoup plus riches en floridoside.

9. Dans les *Thorea ramosissima* et *Batrachospermum moniliforme*, la présence du *glycogène* est également certaine, bien qu'on n'ait pu en hydrolyser une quantité suffisante pour préparer le glucose pur.

10. Les *Bangia* renferment une substance colorable en brun par l'iode, mais nullement tributaire de l'amylase. Lévogyre, possédant les propriétés des gommes, cette substance n'a pas de rapport chimique avec l'amidon floridéen.

Il demeure possible que ces algues contiennent de petites quantités de matière amylacée, d'extraction difficile.

En somme, les gommes de Rhodophycées paraissent présenter une grande diversité. Les géloses, lévogyres, colorables ou non par l'iode, sont fréquentes dans les Algues marines. On a trouvé, dans les espèces d'eau douce, des corps plus ou moins analogues, mais aussi des mucilages dextrogyres et un mannoside.

11. Les variations saisonnières de la teneur en glucides sont très nettes dans les Lémanéacées. Les sucres solubles sont plus abondants en juillet (1 % du poids frais de *Lemanea*) qu'en avril (0,5 %). Les *Sacheria* récoltées en avril, avant la sporulation, sont presque dépourvus de glycogène.

Le *Batrachospermum moniliforme* ne contient que très peu de glycogène de décembre à mars; il devient au contraire fortement colorable par l'iode au mois de mai.

12. Au cours de l'autolyse aseptique prolongée de *Lemanea*, le floridoside et le tréhalose sont complètement hydrolysés, ainsi qu'une

Source MNHN Paris

certaine quantité de mucilage ; le glycogène est par contre respecté, au moins pour une grande part.

L'autolysat de *Batrachospermum* est également réducteur ; la viscosité disparaît par suite de l'hydrolyse du gélin.

Ces autolysats ne contiennent pas de polyol, au moins en quantité décelable.

13. Nous avons vérifié que les membranes, sauf dans les *Bangia* et les parties jeunes de *Batrachospermum*, se colorent en bleu dans le chlorure de zinc iodé. La réaction est souvent difficile à observer, en raison de l'imprégnation des membranes par les gommes.

BIBLIOGRAPHIE

Anselmino (O.) et Gilg (E). — Ueber das Vorkommen von Trehalose in *Selaginella lepidophylla*. — *Ber. d. pharm. Ges.* 23, 1913, p. 326. [41].

Austerweil (G). — Sur quelques réactions entre zéolithes et sels peu solubles dans l'eau. — *C. R. Acad. Sc.* 194, 1932, p. 1581 [37].

Berthold. — Zur Kemtniss der Siphoneen und Bangiaceen. — Mitteil. Zool. Sta. zu Neapel, II, Leipzig 1882. [56].

Bertrand (G.) et Thomas (P.). — Guide pour les manipulations de Chimie biologique. — Paris, Dunod, 1919. [33].

Clautriau (G.). — Etude chimique de glycogène chez les champignons et les Levures. — Recueil de l'Inst. Bot. Univ. Bruxelles, 1895 [49].

Colin (H.) et Augier (J.). — 1° Les glucides solubles de *Lemanea nodosa*, Kütz. — *C. R. Acad. Sc.*, 195, 1932, p. 1042. — 2° Floridoside, tréhalose et glycogène chez les Algues rouges d'eau douce (*Lemanea*, *Sacheria*). — *C. R. Acad. Sc.* 196, 1923, p. 423.

Colin (H.) et Guéguen (E.). — 1° Le sucre des Floridées. — *C. R. Acad. Sc.*, 190, 1930, p. 653. [6]. — 2° La constitution du principe sucré de *Rhodymenia palmata*. — *C. R. Acad. Sc.*, 191, 1930, p. 163. [7]. — 3° Le floridoside chez les Floridées. — *C. R. Acad. Sc.* 197, 1933, p. 1688. [8,51].

Czurda (V.). — Morphologie und Physiologie der Algenstärkekörner. — *Beihefte z. bot. Centralblatt.* 45, 1928, p. 97, [19, 63].

Dangeard (P). — 1° Recherches sur les *Bangia* et les *Porphyra*. — *Le Botaniste*, 18, 1927. [57,58]. — 2° Traité d'Algologie. — Paris, Lechevalier, 1933,

Source MNHN Paris

ERRERA (L.). — L'épiplasme des Ascomycètes et le glycogène des Végétaux. — Thèse, Bruxelles, 1882. Publié dans le recueil de *l'Inst. Bot. Univ. Bruxelles*, I, 1906, p. 30-32. [14, 23, 45].

FRÉMY (P.). — Incrustation calcaire du *Batrachospermum moniliforme*, Roth. — *Bull. soc. Linn. Normandie*, 1924, p. 118. [66].

GEITHER (L). — *Porphyridium sordidum*, n. sp., eine neue Süsswasserbangiale. — *Arch. f. Protistenk.* 76, 1932, p. 595. [18].

GRANDSIRE (A.). — Le chimisme des feuilles privées de chlorophylle. — Thèse, Paris, 1926. [30]

GUÉGUEN (E.). — Les constituants glucidiques des Algues rouges. — Thèse Paris, 1931, [2, 22, 32, 34, 35, 36, 38, 47, 50].

HAAS (P) et HILL (T.-G.). — The occurrence of sugar alcohols in marine algae. — *Biochem Journ.*, 25, 1931, p., 1470. — 26, 1932, p., 987 [5, 44, 60].

HAMEL (G.). — Les Floridées de France. — *Rev. Algol.* 1 1924, p. 278. [27].

HASSID (W.-Z.). — Occurrence of dulcitol in *Iridaea laminarioïdes*. — *Plant. Physiol.*, 8, 1933, p., 480 [43].

KYLIN (H.). — 1° Ueber die roten und blauen Farbstoffe der Algen. — *Zeitschr. f. physiol. chem.*, 76, 1912, p. 396 [55]. — 2° Zur Biochemie der Meeresalgen. — *Zeitschr. f. physiol. Chem.*, 83, 1913, p. 171. [24]. — 3° Untersuchungen über die Biochimie der Meeresalgen. *Zeitschr. f. physiol. chem.* 94, 1915, p. 337. [3]. — 4° Studien über die Entwicklungsgeschichte der Florideen. — Kungl. Svenska Vetenskapakademiens Handingar. 63. 1923. [26].

LIPPMAN (E. O. VON). — 1° Ueber Vorkommen von Trehalose, Vanillin und d. Sorbit. — *Ber d. Chem. Ges.* 45, 3, 1912, p. 3431 [40]. — 2° Kleinere pflanzenchemische Mitteilungen. — *Ber. d. chem. ges.*, 55, 3, 1922, p. 3038. [39].

MANGENOT (G.). — 1° Recherches sur les constituants morphologiques du cytoplasma des Algues. — *Arch. morp. gén. et expr.* 9, 1922 [45, 59]. — 2° Sur l'amidon des Algues Floridées. — *C. R. Acad. Sc.* 176, 1923, p. 183. [4, 21].

MOLLIARD (M.). — Nutrition de la plante. — Paris. Dion [29].

MORIUS (M.). — Beitrag zur Kentniss der Gattung *Thorea*. — *Ber d. bot. ges.*, 9, 1891, p. 333. — Bemerkungen über die systematische Stellung von *Thorea*. — *Ber. d. bot. Ges.* 10, 1892, p. 266 [10, 16, 53].

NAEGELI (C.). — Die Stärkekörner. — Zurich, 1858. [12].

RICARD (P.). — Les constituants glucidiques des Algues brunes. — *Ann. Inst. Océan.* — 8, 2, 1930 [1, 28, 46].

SAUVAGEAU (C.). — 1° Sur la membrane de quelques Algues Floridées et sur la gélation de l'hydrosol gélosique. — *C. R. Acad. Sc.*, 171, 1920, p. 6-6. [20, 48]. — 2° Utilisation des Algues marines. — Paris, Doin, 1920. [31].

SCHMIDLE (W.). — 1° Untersuchungen über *Thorea ramosissima*, Bory. *Hedwigia*, 35, 1896, p. 1.

2° Einiges über die Befruchtung, Keimung und Haarinsertion von *Batrachospermum*. — *Bot. Zeit* 57, 1899, p. 125 [64].

SCHMITZ (Fr.). — Die systematische Stellung der Gattung *Thorea*. — *Ber d. bot Ges.*, 10, 1892, p. 115. [11, 17 52],

Source MNHN Paris

SIRODOT (S.). — 1° Etude anatomique, organogénique et physiologique sur les Algues d'eau douce de la famille des Lémonéacées. — Ann. sc. nat. Bot., 5e série, 1872 [25]. — 2° Les Batrachospermes. — Paris, Masson, 1884. [9, 62, 65].

SOLMS-LAUBCH (H. Graf zu). — Ueber die Fruchtentwicklung von *Batrachospermum*. — *Bot. Zeit.*, 25, 1867, p. 161. [13, 61].

YAMASHITA (T.) et SATO (F.). — Chemical component of the Selaginellaceae grown in Japan. — *Journ. Pharm. Soc. Japan.*, 49, 1929 p. 696 (cité d'après Chemical Abstracts). [42].

TABLE

INTRODUCTION, HISTORIQUE 237

CHAPITRE PREMIER. — Les Caractères généraux des Lémanéacées.
§ 1. Données morphologiques 244
§ 2. Données chimiques 246

CHAPITRE II. — L'extrait alcoolique des Lémanéacées.
§ 1. Préparation de l'extrait, ses propriétés principales ... 250
§ 2. Particularités de la défécation 252
§ 3. Hydrolyse des liqueurs 256

CHAPITRE III. — La préparation des principes sucrés à l'état pur et leur identification.
§ 1. Technique 263
§ 2. Description des produits cristallisés 269
§ 3. Recherche du mannitol 274

CHAPITRE IV. — Les mucilages et le glycogène des Lémanéacées.
§ 1. Technique 275
§ 2-3. Extraits à l'eau pure ..... 277 et 279
§ 4. Extraits alcalins 289
§ 5. Le glycogène 291
§ 6. L'autolyse 297

Source MNHN Paris

CHAPITRE V. — Les glucides de *Thorea ramosissima*.
§ 1. Les caractères généraux de *Thorea* 299
§ 2. Les sucres solubles dans l'alcool 301
§ 3. La gomme 303
§ 4. Le glycogène 304
CHAPITRE VI. — Etude sommaire de *Bangia atropurpurea* 306
CHAPITRE VII. — Etude sommaire de *Batrachospermum moniliforme* 312
CONCLUSIONS GÉNÉRALES 320

Source MNHN Paris

LES *PEDIASTRUM* D'EUROPE

Etude biologique et systématique

par Edmond Bigeard

(FIN)

DEUXIÈME PARTIE

SYSTEMATIQUE

Les faits exposés dans la première partie de ce travail m'amènent à proposer une systématique très simplifiée du genre *Pediastrum*.

Je ne reconnais que 8 espèces européennes (1) bien distinctes :

P. simplex Meyen
P. Kawraiskyi Schmidle
P. duplex Meyen
P. biradiatum Meyen
P. Boryanum (Turpin) Meneghini
P. angulosum (Ehrenberg) Meneghini
P. Tetras (Ehrenberg) Ralfs
P. Braunii Wartmann

Quand on a eu l'occasion de rencontrer des populations assez denses de *Pediastrum* et d'observer côte à côte plusieurs espèces du

(1) Woloszynska (282, p. 194), a décrit et figuré 3 espèces nouvelles, provenant de l'Afrique centrale : *P. sorastroides*, *P. cœlastroides*, *P. Westi;* les deux premières ne peuvent guère se rapprocher des espèces européennes; la troisième rappelle un *Boryanum* cœlastroïde.

Wille (279, p. 433) a aussi trouvé, dans des récoltes provenant des îles Kerguelen, des formes aberrantes, dont il fait un genre nouveau, *Soropediastrum*, caractérisé par des cellules en couches superposées et munies d'une pointe : *S. Kerguelense*, à cellules rectangulaires et longues pointes; *S. rotundatum*, à cellules arrondies et courtes pointes. Ces organismes présentent de grandes ressemblances avec les formes cœlastroïdes de *Pediastrum*.

J'ai signalé (p. 83) le *P. sculptatum* de Smith (237 bis), que je rapporte à *P. duplex*.

Source MNHN Paris

genre, on ne peut pas méconnaître la séparation de ces huit espèces. Si l'on veut, toutefois, établir des comparaisons fructueuses et se faire une idée exacte de la limite de l'espèce, il est presque indispensable de s'adresser au type normal de *Pediastrum :* le cénobe planctonique adulte, ni trop jeune, ni trop vieux.

Les relations réciproques de ces huit espèces ressortent du tableau suivant, dans lequel interviennent, avant tout, le nombre et la forme des pointes, ou prolongements, de la cellule marginale.

I. — Cellule marginale à 1 pointe..... *P. simplex*

II. — Cellule marginale à 2 pointes

1) Pointes dans divers plans..... *P. Kawraiskyi*

2) Pointes dans le plan du cénobe

A) Disque clathré

a) Pointes simples..... *P. duplex*

b) Pointes bifurquées..... *P. biradiatum*

B) Disque plein

a) Pointes à bords symétriques, équidistantes (fig. 126 *a*)..... *P. Boryanum*

b) Pointes à bords asymétriques: bord externe plus court

α) Pointes plus distantes sur la même cellule que d'une cellule à l'autre: échancrure large (fig. 126 *b*) ..... *P. angulosum*

β) Pointes moins distantes sur la même cellule que d'une cellule à l'autre : échancrure étroite (fig. 126 *c*) ..... *P. Tetras*

III. — Cellule marginale à 4 pointes courtes..... *P. Braunii*

Si, au lieu de tenir compte des pointes, on considérait d'abord l'allure générale et, en particulier, l'extension de la surface de contact des cellules marginales, on obtiendrait un groupement assez

Source MNHN, Paris

semblable, dans lequel les espèces seraient rapprochées deux à deux (fig. 126 bis):

duplex	et	*biradiatum, a, b,*
simplex	et	*Kawraiskyi, c, d,*
Boryanum	et	*angulosum, e, f,*
Tetras	et	*Braunii, g, h.*

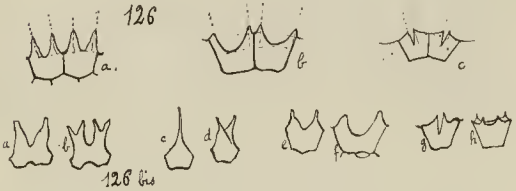


Fig. 126. — Espacement des pointes de la cellule marginale chez *P. Boryanum* (*a*), *angulosum* (*b*), *Tetras* (*c*). Schématique.

Fig. 126 bis. — Cellules marginales des espèces européennes de *Pediastrum*.

Cette systématique abandonne donc une bonne moitié des espèces qu'on peut rencontrer même chez les Algologues modernes. Elle abandonne tout l'ensemble des variétés admises dans les flores et les contributions floristiques.

Dans les pages qui suivent, je me propose de passer rapidement en revue chacune de ces huit espèces indiscutables. A la définition de l'espèce j'ajouterai, à l'occasion, divers renseignements et observations personnelles, intéressant l'histoire et la délimitation des espèces moins connues ou discutées. Je grouperai, autour de chaque espèce admises ici, les noms d'espèces et de variétés, sacrifiées comme telles dans la première partie, en rappelant, pour chacune de ces formes, la signification biologique que je leur reconnais.

Je ne prétends pas, encore une fois, être à même de fournir, pour chaque prétendue espèce ou variété supprimée, l'explication biologique précise et adéquate, c'est-à-dire de donner la cause, interne ou externe, responsable de la variation individuelle. Mais il suffit que cette explication existe pour les formes les plus répandues, les plus caractéristiques et les plus généralement adoptées: c'est le but essentiel de mon travail.

Source MNHN Paris

P. simplex Meyen

Je comprends, sous ce nom, tous les *Pediastrum* dont les cellules marginales ont une seule pointe.

J'ai observé les réalisations suivantes, dans le *nombre et la disposition des cellules des cénobes :*

Cénobes à 4 cellules :	4 + 0 (avec ou sans lacunes		R.
Cénobes à 8 cellules :	7 + 1 (avec ou sans lacunes)		C. C.
	8 + 0 (forme *radians*)		A. C.
Cénobes à 16 cellules :			
clathrés :	16 + 0	non observé.	
	15 + 1	1 exemplaire	
	14 + 2	3	—
	13 + 3	2	—
	12 + 4		C. C.
	11 + 5		C.
non clathrés	11 + 5		C.
Cénobes à 32 cellules :			
clathrés	18 + 10 + 4		R.
	17 + 11 + 4		R.
	16 + 12 + 4		C.
	16 + 11 + 5		C.
non clathrés	16 + 11 + 5		C.

P. simplex est le seul *Pediastrum* qui présente, pour les cénobes à 8 cellules, la disposition *radians:* 8 + 0. Cette disposition n'est pas héréditaire : la figure 26 (p. 25) montre une colonie *radians* (8 + 0) provenant d'une colonie *non radians* (7 + 1).

Espèces supprimées

P. clathratum (Schræt.) Lemmermann (133, p. 180): c'est la forme planctonique la plus commune, donc la forme type.

P. enoplon West W. et G. S. (262, p. 81, T. V., fig. 1, 2); synonyme de *P. clathratum,* d'après Lemmermann (135, p. 115): forme juvénile, largement clathrée.

P. ovatum (Ehr.) Braun. (45, p. 81): forme de vieillesse ou forme benthique de *P. clathratum.*

Source : MNHN, Paris

P. Schrœteri Lemmermann (135, p. 115, fig. 33): synonyme de *P. ovatum*.

P. Sturmii Reinsch (190, p. 90, T. VII, fig. 1): forme sénile ou kystes de *P. simplex*.

Variétés supprimées

Variétés fondées sur la disposition des cellules :

radians Lemmermann (133, p. 180; 135, p. 115, fig. 24, 25, 32); *duodenarium* (Bailey) Rabenhorst (186, p. 72) = var. *Baileyanum* Lemmermann (135, p. 115); *Cordanum* Hansgirg (101, p. 110).

Variétés fondées sur les ornements de la membrane :

punctatum Lemmermann (135, p. 182); *granulatum* Lemmermann (135, p. 115); *asperum* Lemmermann (135, p. 179); *echinulatum* Wittrock et Nordstedt (295, n° 235).

Variété fondée sur la dimension des lacunes :

microporum Lemmermann (135, p. 115, 116).

P. Kawraiskyi Schmidle

L'espèce est caractérisée par son disque plein et par la forme de la cellule marginale, dont les deux pointes divergent dans tous les plans, de part et d'autre du plan du cénobe.

C'est la plus rare des espèces du genre: j'ai signalé (19) sa découverte en France par M. Bioret et l'un de ses élèves, M. Germain, dans l'étang de Serrant, en 1929. Depuis 1929, aucune nouvelle station de la plante n'a été trouvée dans nos régions. Abondant pendant l'été de 1929, dans l'étang de Serrant, *P. Kawraiskyi* a été très rare pendant toute l'année 1930; en avril 1931, il s'est de nouveau montré très commun.

Dans la récolte du 27 avril 1931, on pouvait voir beaucoup de jeunes colonies d'un diamètre variant de 20 à 60 μ, dont certaines étaient encore contenues dans une vésicule (fig. 165, p. 00). Parmi ces jeunes colonies, quelquefois en rapport avec elles, on trouvait aussi des cénobes plus gros de 80 à 90 μ, avec cellules à membranes épaisses, rougeâtres, quelquefois plissées, avec cellules vides, dont quelques unes avec une fente. Ces colonies m'ont paru jouer le rôle de colonies mères; certaines cellules très grosses, à parois renflées, avaient l'aspect de kystes.

Source MNHN Paris

J'ai donné (19) la description suivante de cette Algue :

Les cénobes sont d'ordinaires réguliers et orbiculaires, quelquefois cependant irréguliers par suite d'une interruption dans la rangée des cellules marginales. Le disque est toujours simple et sans perforation; ses cellules sont polygonales. Les cellules marginales sont quelquefois superposées au point où le cercle est interrompu. Elles sont soudées les unes aux autres environ jusqu'au tiers de leur hauteur à partir de la base (pointes non comprises); elles sont terminées par deux lobes verts, courts, coniques, prolongés par deux pointes hyalines, dont la hauteur est égale environ au tiers de la hauteur de la cellule (pointes non comprises); les lobes sont légèrement divergents et séparés par une échancrure profonde et aiguë; au niveau du sommet de cette échancrure, ou un peu au-dessous, la cellule présente un étranglement plus ou moins apparent, mais plus visible sur les petites cellules que sur les grosses. La position des pointes des cellules marginales est variable: tantôt on voit les deux pointes, côte à côte, dans le plan du cénobe; tantôt on n'en voit qu'une, cachant l'autre qui est au-dessous; elles peuvent occuper toutes les positions intermédiaires, de telle sorte qu'on distingue le plus souvent les deux pointes, l'une au-dessous, l'autre au-dessus du plan du cénobe. La membrane est épaisse, rougeâtre, rugueuse plus ou moins plissée, rarement granuleuse; elle est très caractéristique de l'espèce.

J'ai noté les dispositions suivantes :

4 = 4 + 0 ou (2 + 2)	R. R. R.
8 = 6 + 2	R.
16 = 10 + 5 + 1	C. C.
32 = 15 + 11 + 5 + 1	C. C.
= 15 + 10 + 6 + 1	C. C.
= 16 + 10 + 5 + 1	C. C.
= 14 + 11 + 6 + 1	

Je n'ai pas trouvé de cénobes à 64 cellules.

Voici les dimensions moyennes des cénobes et des cellules chez les cénobes 16-cellulaires :

diamètre du cénobe	75-80 μ
hauteur de la cellule marginale.....	15-20 μ
longueur de la pointe.....	3-5 μ

Source MNHN, Paris

Les cénobes à 32 cellules atteignent quelquefois 100 μ (pointes comprises); les cénobes à 8 cellules ont 40 à 50 μ de diamètre. J'ai mesuré une jeune colonie à 16 cellules de 28 μ.

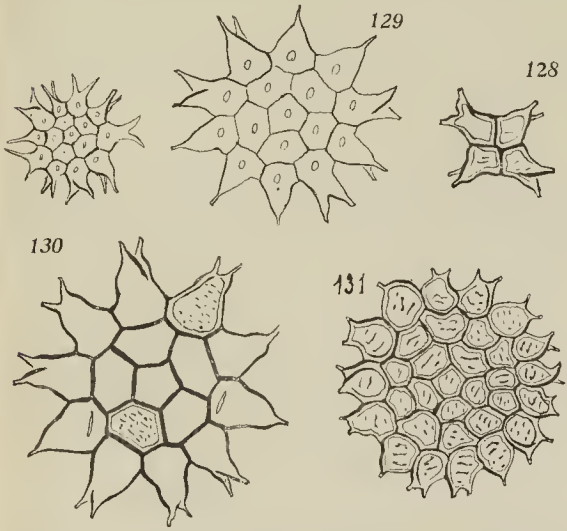


Fig. 127-131. — *P. Kawraiskyi* × 750. Serrant. — 127, jeune cénobe 16-cellulaire; — 128, cénobe adulte 4-cellulaire; — 129, cénobe adulte 16-cellulaire; — 130, cénobe âgé 16-cellulaire; — 131, cénobe âgé 32-cellulaire.

C'est la cellule marginale qui est caractéristique de l'espèce (fig. 130). Elle comprend trois parties: la base, par laquelle elle est soudée aux cellules voisines; le corps libre, deux fois plus haut que la base, ayant la forme générale d'un tronc de cône à parois concaves, rectilignes, ou plus ou moins convexes et renflées suivant l'âge; enfin, le sommet, profondément émarginé en son milieu et portant deux lobes verts, terminés par deux pointes hyalines. Par ses deux premières parties, la cellule marginale du *P. Kawraiskyi* se rappro-

Source MNHN Paris

che de celle du *P. simplex;* par son sommet, elle ressemble à celle du *P. Boryanum;* mais elle diffère absolument de la cellule du *P. Braunii* Wartm. qui a une forme trapézoïdale, comme celle de *P. Tetras,* et qui est soudée aux cellules voisines jusqu'au sommet. Schmidle rapprochait sans doute son *P. Kawraiskyi* du *P. Braunii,* parce que dans ces deux espèces les pointes hyalines ne sont pas toujours contenues dans le plan du cénobe; mais, si ce caractère est constant chez *P. Braunii,* chez *P. Kawraiskyi* la position des pointes est très variable et il arrive souvent que les deux pointes de la cellule du pourtour sont côte à côte dans le plan du cénobe, comme chez *P. Boryanum.*

P. Kawraiskyi doit donc se placer entre *P. simplex* et *P. Boryanum:* la cellule marginale se rapproche, par sa forme, de celle de *P. simplex;* mais au lieu d'être, comme cette dernière, prolongée en pointe unique et longue, elle est tronquée, émarginée, et terminée par deux lobes verts surmontés d'une corne hyaline, comme chez *P. Boryanum.*

La forme du *P. Kawraiskyi* trouvé dans l'étang de Serrant paraît être la forme type, les pointes hyalines étant plus longues que chez la variété *brevicorne* Lemm. et plus courtes que chez la variété *cornutum* Mor. Wod. Cependant la jeune colonie 16-cellulaire observée présente des pointes entièrement vertes, d'une longueur égale à la moitié de la hauteur totale de la cellule; les parois ne sont pas renflées, la membrane est mince et, la taille mise à part, l'aspect général est celui de la variété *cornutum* (fig. 127). La présence du protoplasme dans les pointes, que cet auteur indique comme caractère de sa variété *cornutum,* peut se constater sur les jeunes colonies de *P. Kawraiskyi,* comme sur celles de *P. Boryanum.*

Dans la récolte du 27 avril 1931, les vieux cénobes mentionnés plus haut présentaient quelquefois des cellules de forme un peu aberrante : cellules très grosses, parois renflées, membranes très épaisses, rugueuses, rougeâtres, et surtout cornes courtes, cylindriques, hyalines, se détachent brusquement du corps de la cellule; certaines cellules ont l'allure de kystes et la figure 131 représente assez bien la variété *brevicorne* Lemm. (Morosowa-Wodianitzkaia 157, Tab. II, fig. 9, 10). La longueur de la pointe varie peu chez les colonies de l'étang de Serrant (moyenne 3 à 4 μ), mais elle atteint vite sa longueur maxima et ne change plus, chez les colonies adultes, quand la cellule grossit et se renfle.

Source : MNHN, Paris

D'après ce qui précède, je considère donc le type de *P. Kawraiskyi* comme réalisé par les colonies adultes vivant dans le plancton. Comme, à ma connaissance, il n'a pas été décrit d'autres variétés que celles de Morosowa-Wodianitzkaja et de Lemmermann, je considère *P. Kawraiskyi* var. *cornutum* Mor. Wod., comme une forme de jeunesse ou d'eaux agitées; la var. *brevicorne* Lemm., comme une forme de vieillesse ou de benthos.

Il existe, dans la littérature algologique, un certain nombre de faux *P. Kawraiskyi*. Lagerheim, en 1900, (à cette date on n'avait encore aucun dessin de l'espèce de Schmidle), rapportait au *P. Kawraiskyi* des colonies de *P. Boryanum*, de la forme *integrum* (131, p. 9, fig. 2-3). Borge, en 1901, (31) commettait une erreur analogue (1); en 1911 (35), il confondait encore *P. Braunii* et *P. Kawraiskyi;* mais, en 1921 (37), les colonies rapportées par lui à *P. Kawraiskyi* Schm. appartiennent bien à l'espèce de Schmidle. Dans une lettre du 20 octobre 1930, Borge reconnait son erreur de 1901 et ajoute qu'il aurait dû la signaler en 1921 (37): « *P. Braunii* et *P. Kawraiskyi* sont deux espèces bien distinctes; ma figure de *P. Kawraiskyi* de 1901 (Sud-Patagonien) et la figure de Lagerheim de 1900 (Beeren-Island) sont différentes des figures de Lemmermann, Lucks, Nitardy, Smith, Schutoff, Skvortzow, qui appartiennent au *P. Kawraiskyi* Schm.; dans ces dernières, les cellules sont plus ou moins oviformes, tandis qu'elles étaient plus ou moins polygonales dans les figures de Borge et Lagerheim ».

P. duplex Meyen

A ce nom correspondent tous les *Pediastrum* à disque clathré, dont les cellules marginales possèdent 2 pointes simples, non bifurquées.

L'espèce de Meyen n'a pas été dédoublée par les auteurs plus récents (2); mais de nombreuses variétés ont été établies, qui correspondent, nous l'avons vu, à des états individuels : juvénile ou sénile, planctonique ou benthique.

---

(1) Le *P. Kawraiskyi* signalé par Borge à la Terre de Feu, en 1906 (*Süsswasserchlorophyceen von Feuerland und Isla Desolacion.* Kjellmanu Bot. Stud., Bd. 21), n'a sans doute pas plus de valeur que celui de 1901, puisque l'auteur méconnaissait encore le véritable *P. Kawraiskyi* en 1911.

(2) J'ai cependant signalé plus haut (p. 83) que le *P. sculptatum* Smith (**235** *bis*, p. 475, pl. 25, f. 13) me semblait représenter un *P. duplex* âgé, à membranes plissées à l'extrême.

Source MNHN Paris

Variétés supprimées

Var. *genuinum* Braun (45, p. 95): c'est la forme planctonique type.

Variétés fondées sur la grandeur des lacunes et sur la forme déliée ou massive, des pointes: *microporum* Braun (45, p. 92); *clathratum* Braun (45, p. 93); *reticulatum* Lagerheim (126, p. 56); *gracillimum* West W. et G. S. (261, p. 52).

Variétés fondées sur la longueur, la grosseur, la forme, la direction des pointes: *subintegrum* Raciborski (187, p. 26); *brachylobum* Braun (45, p. 93); *cornutum* Raciborski (187, p. 28); *recurvatum* Braun (l. c.); *gracile* Roll (195, p. 165). Ces deux dernières formes doivent leur caractère au petit nombre de cellules du cénobe.

Variétés fondées sur les ornements et la couleur des membranes: *subgranulatum* Raciborski (187, p. 23); *coronatum* Racib. (ibid., p. 24); *pulchrum* Lemmermann (134, p. 151); *asperum* Braun (45, p. 93); *rugulosum* Racib. (187, p. 24); *lividum* Racib. (ibid., p. 28).

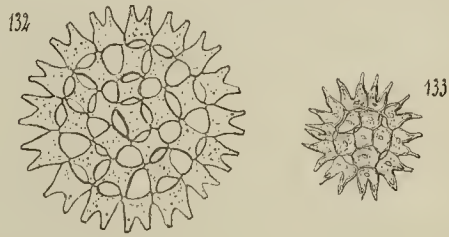


Fig. 132, 133. — *P. duplex* × 500. Formes rares. — 132, Loire; — 133, Etang des Bruyères, (Seiches) parmi les *Chara*.

On trouvera, dans la première partie de mon mémoire, de nombreuses figures, correspondant aux différentes formes que l'espèce présente co ammnément. J'ajoute ici les dessins de deux formes rares: la figure 132 représente un cénobe provenant de la Loire; le cénobe de la figure 133 a été récolté sur des *Chara:* il est remarquable par le contraste entre les cellules marginales à pointes étirées et les cellules du disque à peine échaucrées.

Source MNHN Paris

P. biradiatum Meyen

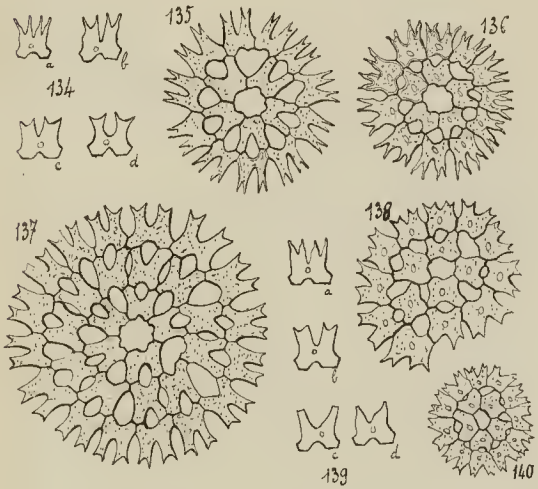


Fig. 134-140. — *P. biradiatum* × 500. — 134 : diverses formes : *a*) *longecornutum*, *b*), type, *c*) *emarginatum*, *d*) *caudatum*. — 135, Jard. bot. de Tours; — 136, Serrant; — 137, 138 : Cher; — 139 : comparaison entre *biradiatum* (*a*, *b*) et *duplex* (*c*, *d*); — 140, forme de culture (Serrant).

L'aspect des cénobes de *P. biradiatum* rappelle beaucoup celui des colonies de *P. duplex*. La forme des cellules, leur taille, la couleur, la grandeur des méats, les dimensions des colonies sont semblables chez les deux espèces; on les distingue l'une de l'autre par les caractères suivants :

a — disposition des cellules ;

Source MNHN Paris

P. biradiatum	*P. duplex*
4 = 4 + 0	4 = 4 + 0
8 = 7 + 1	8 = 6 + 2
16 = 11 + 5 + 0	16 = 10 + 5 + 1
12 + 4 + 0 (rare)	9 + 6 + 1
32 = 16 + 11 + 5 + 0	32 = 15 + 10 + 6 + 1
	15 + 11 + 5 + 1
	14 + 11 + 6 + 1
	16 + 10 + 5 + 1
64 néant	64 variable

On voit que les colonies 16 et 32-cellulaires ont, au centre, une *lacune* chez *P. biradiatum*, une *cellule* chez *P. duplex*.

b — terminaison des bras des cellules :

Le méplat hyalin, qui termine, en les tronquant, les bras des *duplex*, est remplacé, chez *P. biradiatum*, par deux pointes hyalines, coniques, divergentes, de longueur variant de 2 à 5 μ; les pointes sont séparées par un sillon aigu, dont le sommet s'arrête à la partie verte de la cellule.

c — les cellules du disque ont 4 bras comme chez *P. duplex*; mais les bras extérieurs sont beaucoup plus longs que les bras intérieurs, qui sont quelquefois à peine saillants du corps de la cellule.

Espèce supprimée

P. tetrapodum Morosowa-Wodianitzkaja (157, p. 29). Je rattache à *P. biradiatum* cette nouvelle espèce, fondée sur la position des pointes, l'une au-dessus, l'autre au-dessous du plan du cénobe. Quand on observe un *biradiatum* de profil, on constate que les pointes ne sont jamais rigoureusement contenues dans le plan du cénobe, mais le plus souvent alternent régulièrement de part et d'autre de ce plan; quand ce caractère s'accentue, on a le *P. tetrapodum* (fig. 111, p 77). La variété *tricornutum* Mor. Wod. de cette même espèce est une forme benthique de *P. biradiatum* et n'a aucun rapport avec le *P. tricornutum* Borge (*P. Braunii* Wartmann).

Variétés supprimées

Variétés fondées sur la longueur des pointes : *emarginatum* Brann (45, p. 102): fig. 134 *c*, 138, 140; *longecornutum* Gutwinski (98, p. 3, T. VII, f. 24): fig. 134 *a*, *b*, 135, 136.

Variétés fondées sur la forme et la grosseur des bras: *caudatum* Mor.-Wod. (157, p. 29, T. II, f. 24): fig. 134 et 137; *elegans* Roll.

Source MNHN Paris

Place du *P. biradiatum* Meyen dans la systématique des *Pediastrum*

P. biradiatum est une espèce voisine de *P. duplex:* elle en diffère essentiellement par la bifurcation des bras des cellules du pourtour (fig. 139).

J'ai signalé plus haut que la disposition des cellules, chez *P. biradiatum,* était différente de celle des cellules de *P. duplex :* les cénobes 16 et 32-cellulaires ont une lacune centrale, tandis que ceux de *P. duplex* ont une cellule au centre. Mais ce caractère, qui paraît bien constant chez les colonies habitant les masses d'eau de la région, ne paraît pas se retrouver partout, car beaucoup d'auteurs (ex. Chodat, 55, p. 227-228) attribuent au *P. duplex* la disposition avec une lacune centrale, que j'ai vue seulement chez *P. biradiatum.*

P. biradiatum se rapproche aussi parfois de *P. Tetras* (fig. 152, p. 00). Il existe, en effet, une forme de *P. Tetras,* dont les cellules marginales sont doublement incisées et possèdent ainsi quatre pointes, comme chez *P. biradiatum.* Nitardy (162, p. 181, Tab. IV, fig. 6; VIII, fig. 14; X, fig. 13) décrit, sous le nom de *P. incisum* (Ehr.) Ralfs, var. *rota* n. var., des cénobes voisins de *P. biradiatum* var. *emarginatum* (Ehr.) Br. Le premier (T. IV, fig. 6) a la cellule du *P. Tetras,* trapezoïdale et soudée à ses voisines jusqu'au sommet; mais l'incision principale est profonde et très ouverte, et il y a une lacune centrale (16 = 11 + 5), comme chez *P. biradiatum.* Chez les autres (Tab. VIII, fig. 14; X, fig. 13), la cellule du pourtour, avec ses bras libres et faiblement émarginés, rappelle plutôt celle de *P. biradiatum* que celle de *P. Tetras;* quant aux cellules du disque, dans les trois dessins, elles portent une incision si largement ouverte qu'elles présentent deux bras comme celle de *P. biradiatum* et que le disque se trouve perforé et non compact comme chez *P. Tetras.* Ceci montre que la limite n'est pas toujours facile à assigner entre *P. biradiatum* et *P. Tetras.*

Mais, contre toute vraisemblance, Lucks (153, fig. 7) attribue à *P. biradiatum* une colonie dont les cellules marginales, de forme trapézoïdale, sont soudées jusqu'au sommet et dont le disque est plein, formé de cellules largement incisées: c'est du *P. Tetras.*

Il en est de même pour Mlle Woloszynska (285, p. 51-52, fig. 3), qui attribue à *P. biradiatum* des colonies 8-cellulaires (7 + 1) et 4-cellulaires (4 + 0), dont les cellules marginales, nettement trapé-

Source MNHN Paris

zoïdales, sont soudées entre elles jusqu'au sommet, ou presque. La colonie 4-cellulaire présente 4 pointes assez longues à chaque cellule. On voit souvent un petit méat entre 2 cellules du pourtour, sur la ligne de la suture: ce caractère se rencontre quelquefois chez *P. Tetras*. Les cellules du disque sont polygonales et ont une incision sur une face. Les cellules marginales portent, sur la face externe, une incision médiane avec 2 lèvres formant pointes et 2 échancrures latérales, comme dans les colonies de *P. Tetras* du groupe du *tetraodon*. Les cénobes sont massifs et non perforés comme chez *P. biradiatum*. Il est vrai que l'auteur donne sa détermination comme douteuse et se demande si les colonies appartiennent au *P. Tetras* ou à une espèce encore non signalée.

Fig. 141. — *P. biradiatum*. D'après Teiling (sub. *P. Tetras* ?).
Fig. 142. — Comparaison entre les cellules du pourtour et les cellules du disque chez *Tetras* (*a*), *biradiatum emarginatum* (*b*), *biradiatum* type (*c*).

Au contraire, Teiling (245, p. 64, fig. 13) attribue à *P. Tetras* une forme curieuse, 8-cellulaire (7 + 1). Les cellules du pourtour, soudées seulement à la base, avec des bras profondément bifurqués, sont (fig. 141) nettement *biradiatum*. Le disque sans méats, formé d'une seule cellule, soudée aux 7 autres et incisée sur une face, est nettement *Tetras;* mais nous avons vu que la forme des cellules du disque est assez variable chez *P. biradiatum* et se rapproche souvent de celle des cellules de *P. Tetras*. Pour moi, le cénobe décrit est du *P. biradiatum*.

Source MNHN, Paris

Il vaudrait mieux attribuer à *P. Tetras* les cénobes à disque compact sans méats, à cellules internes incisées sur une face et à cellules marginales *trapézoïdales*, soudées entre elles jusqu'au sommet, avec incision principale étroite et profonde (fig. 142). C'est l'avis de Borge (38, p. 27) qui, au sujet d'une colonie dessinée par Printz (182, p. 34, T. IV, fig. 203) et rapportée par lui à *P. biradiatum* var. *granulatum*, écrit: « Cette colonie appartient bien à *P. Tetras;* les cellules périphériques sont soudées jusqu'aux angles supérieurs, tandis que chez *P. biradiatum* elles ne sont soudées qu'à la base ».

P. Boryanum (Turpin) Meneghini

Parmi les *Pediastrum* à deux pointes et à disque plein, *P. Boryanum* se distingue par ses pointes à bords symétriques, sensiblement équidistantes.

Le type de l'espèce doit être pris sur les colonies adultes vivant dans le plancton. Celles-ci diffèrent fort peu d'une station à l'autre : les pointes y sont coniques, vertes et larges à la base, hyalines et minces au sommet. J'ai montré, dans la première partie, comment la vie benthique et la vieillesse modifient le type moyen, jusqu'à le rendre méconnaissable et à donner l'illusion d'espèces distinctes.

Nombre et disposition des cellules dans le cénobe.

8 cellules :	6 + 2	RR.
16 cellules :	10 + 5 + 1	C.
	9 + 6 + 1	R.
32 cellules :	14 + 11 + 6 + 1	R.
	15 + 10 + 6 + 1	C.
	15 + 11 + 5 + 1	C.
	16 + 10 + 5 + 1	AC.

64 et 128 cellules : disposition variable : dans le premier cas, 19 à 23 cellules marginales ; dans le second, 27 à 30.

Espèces réunies à « P. Boryanum »

P. Boryanum est certainement l'espèce du genre la plus polymorphe, sans doute parce qu'elle est aussi la plus ubiquiste. Plus que dans aucune autre, les formes extrêmes ont servi de base aux algologues pour la création d'espèces distinctes ;

Source MNHN Paris

P. integrum Naegeli (160, p. 97, T. V, f. B 4) = *P. inerme* Bleisch (294, n° 1494), DE TONI (247, p. 573): forme benthique adulte; avec ses variétés: *tirolense* Hansgirg (102, p. 118), forme à longues pointes hyalines; *scutum* Raciborski (187, p. 7, T. II, f. 6), forme à cellule marginale convexe, sans pointes; *perforatum* Racib. (ibid., f. 5), forme à disque perforé; *priva* Printz (180, p. 173, T. X, f. 147), forme à bord marginal droit, sans pointes; *denticulatum* Lagerheim (127, p. 37, T. I, f. 29), Reinsch (190, p. 91, T. VII, f. 3), forme à petites pointes coniques : BRUNNTHALER (50, p. 92) assimile cette variété au *Braunianum*.

P. Braunianum Grunow (93, p. 494) = *P. integrum* Naeg. var. *Braunianum* Nordstedt (163, p. 8, T. I, f. 6); Raciborski (187, p. 6, T. II, f. 3); avec ses formes *brevicorne*, *longicorne* Racib. (ibid.): formes de passage entre *P. Boryanum* type et la forme *integrum*.

P. Pearsoni West G. S. (256, p. 79, f. 30-32) = *P. integrum* Naeg. var. *Pearsoni* Fritsch (87, p. 11, f. 3): forme benthique, plus ou moins enkystée, de *Boryanum*.

P. præcox Morosowa-Wodianitzkaja (157, p. 22, T. I, f. 1, 2; T. II, f. 1-3; 158, p. 5, f. 1, 2): forme cœlastroïde.

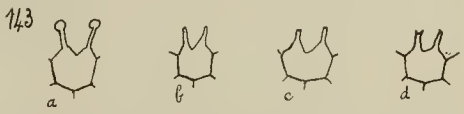


FIG. 143. — *P. Boryanum*. — Diverses formes de la pointe : capitée (*glanduliferum*) (*a*), arrondie (*b*), tronquée (*c*), excavée (*d*).

P. bidentulum Braun (45, p. 91) = *P. ellipticum* B Ralfs (188, p. 188, pl. 31, f. 10). Cette forme se distingue du *Boryanum* type par la présence de deux courtes dents hyalines au sommet de la pointe. On trouve, chez *P. Boryanum*, tous les passages entre la pointe capitée, la pointe tronquée et la pointe excavée (fig. 143): dans ce dernier cas, la pointe paraît plus ou moins bifurquée. RACIBORSKI (187, p. 34) donne cette espèce comme douteuse. Elle est signalée par FRÉMY (82, p. 246; 83, p. 177), mais comme rare. Il arrive parfois, chez *P. duplex*, que le méplat terminant le bras de la cellule marginale s'incurve et que le bord porte une ou deux pointes hyalines, qui peuvent être prolongées par des poils flotteurs : personne n'a songé cependant à détacher cette forme de *P. duplex*, pour en faire une espèce distincte,

Source MNHN Paris

P. Selenœa Kützing (124, p. 143) = *P. Boryanum* var. *Selenœa* Nitardy (162, p. 78, T. VIII, f. 1, 9; T. V, f. 6. — Synonymes (?) : *Micrasterias Selenœa* Kütz. (123, p. 604, f. 92); *P. elegans* Hassall (106, p. 389, pl. 86, f. 19; *P. lunare* Hassall (ibid., p. 392, pl 92, f. 3); *P. Napoleonis* (Turp.) Ralfs, 1844. — Jusqu'à quel point ces diverses dénominations sont-elles synonymes ? Il est difficile de s'en rendre un compte exact: elles se rapportent à des cénobes à disque plein, caractérisés surtout par la forme *en croissant* des cellules marginales et parfois aussi des cellules du disque. Elles sont rejetées par les algologues modernes, sauf par Brunnthaler (50, p. 104), qui maintient encore *P. Selenœa* Kütz. (= *P. lunare* Hass., *P. elegans* Hass.) dans le « *Süsswasserflora* ». L'aspect des figures données par ces divers auteurs me donne à penser qu'il s'agit probablement de très jeunes cénobes de *P. Boryanum*, ou peut-être encore de *P. angulosum*.

P. glanduliferum Bennett (15, p. 7, f. 5-7) = *P. Boryanum* var. *capituligerum* (Lucks) Nitardy (Lucks, 153, p. 42; Nitardy, 162, p. 179, T. VII, f. 9, et T. IX, f. 15) = *P. Boryanum* var. *longicorne* Reinsch f. *capitata glabra* et f. *capitata granulata* Fischer (81 bis, p. 18). Les caractères de cette curieuse forme ont été longuement discutés dans la première partie (p. 84 et suiv.) : les facteurs qui provoquent leur apparition restent encore obscurs pour moi; mais je crois avoir démontré que ces caractères ne sont pas héréditaires et qu'ils ne sont pas particuliers au *Boryanum*.

P. compactum Bennett (13, p. 5, f. 4, 5). L'auteur en donne la diagnose suivante: « Cœnobium invested with a distinct *gelatinous envelope*... ». Ce détail et les figures de Bennett indiquent qu'il s'agit de jeunes cénobes de *P. Boryanum*, mieux peut-être encore de *P. angulosum*,, cénobes à nombreuses cellules, à pointes courtes, fraîchement sortis de la cellule mère.

Variétés supprimées de « P. Boryanum »

Var. *genuinum* Kirchner (116, p. 95): c'est la forme planctonique type.

Variété établie d'après la présence de petits méats: *perforatum* Raciborski (187, p. 7).

Variétés fondées sur la longueur, la forme, la direction des pointes: *brevicorne* Braun (45, p. 86); *longicorne* Reinsch (190, p. 96); *integriforme* Hansgirg (101, p. 267); *subuliferum* (Ktz.) Rabenhorst

Source MNHN Paris

(186, p. 75); *productum* West W. (d'après Brunnthaler, 50, p. 102); *divergens* Lemmermann (138, p. 92, fig. 6); *forcipatum* (Corda, 63) Raciborski (187, p. 15).

Variétés fondées sur le nombre et la disposition des cellules: *cruciatum* Kützing (125, p. 192), cénobe de 4 cellules; *sexangulare* (Corda, 62) Hansgirg (101, p. 110), cénobe de 16 cellules (9 + 6 + 1).

Variétés fondées sur les ornements de la membrane: *granulatum* (Ktz.) Braun (45, p. 90); *undulatum* Wille (273 bis, p. 28).

Variété fondée sur des cénobes déformés, en coupe: *campanulatum* Wille (279, p. 432, T. 30, f. 13 *a*, *b*).

Variété fondée sur des cénobes incomplets, tronqués: *depauperata* Wille (ibid., f. 14 *a-d*).

La variété *rugulosum* West G. S. (254, p. 132, T. III, f. 22) me paraît identique aux formes *arancosum* de *P. angulosum*.

P. angulosum (Ehr.). Men.

Cette espèce est assez voisine de *P. Boryanum*, avec lequel elle a été quelquefois confondue. Morosowa-Wodianitzkaja (157, p. 25, T. II, fig. 17-18) en fait une variété du *P. Boryanum*. Nitardy (162) ramène le *P. angulosum* au *P. Boryanum;* mais je ne crois pas qu'il ait observé le véritable *P. angulosum*, car je ne le vois pas dans ses dessins. Quand on a sous les yeux des récoltes où les deux espèces sont également abondantes, comme c'est le cas à l'étang de Serrant, la confusion n'est pas possible : depuis la formation du cénobe, jusqu'aux stades de vieillesse, les colonies de *P. angulosum* se distinguent sans peine des colonies de *P. Boryanum*.

Le caractère dominant de l'espèce, c'est l'échancrure externe de la cellule marginale, échancrure arrondie, dont les deux lèvres, de forme et d'épaisseur variables, plus ou moins saillantes, se trouvent rejetées sur les bords de la cellule, chacune près d'une des lèvres de la cellule voisine (fig. 144); ces lèvres ne constituent jamais une pointe conique, terminée par une partie hyaline, plus ou moins longue, et tronquée, comme chez *P. Boryanum;* l'échancrure est, sur les jeunes cénobes, large et profonde; sur les vieilles colonies, elle est large et peu profonde, rarement étroite et profonde (voir figure 166, p. 134).

Source MNHN Paris

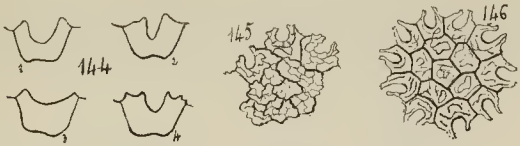


Fig. 144-146. — *P. angulosum* × 500. — 144 : diverses formes de la cellule marginale, — 145 : forme benthique (récolte de Deflandre); — 146 : forme douteuse (Cher).

Le bord externe de la lèvre, tronqué obliquement, peut être uni ou orné d'une ou plusieurs dents (fig. 124, p. 91). Dans les formes 1-2 (fig. 144), l'échancrure pénètre dans la cellule au-dessous du niveau de la suture avec les cellules voisines; dans la forme 3, l'échancrure très ouverte occupe presque tout le bord libre. Les lèvres sont toujours entièrement vertes; les ornements en plis anastomosés les recouvrent comme le reste de la cellule; souvent, sur les vieilles colonies, elles portent à leur extrémité une petite concrétion hyaline courte et large. Le disque est très souvent percé de petits méats: ils proviennent de l'excavation de la cellule sur une face, le plus souvent la face extérieure; la cellule est réniforme ou plus ou moins quadrangulaire et allongée suivant la tangente; plus rarement le disque est plein et les cellules polygonales (fig. 50, p. 37).

Les ornements des membranes cellulaires consistent en des *plis* en relief, anastomosés en réseau; sur les cellules du pourtour, ils partent de l'extrémité des lèvres de l'échancrure, gagnent le milieu de la cellule, où ils s'anastomosent, et de là se relient à ceux des cellules voisines. Ces plis sont de nature pectique; ils n'existent pas chez les jeunes colonies. Ils me paraissent très caractéristiques de l'espèce, parce que je ne les ai jamais rencontrés sur le *P. Boryanum*, qui ne porte que des granulations. On ne les observe jamais sur les jeunes cénobes: pour une colonie de 64 cellules, il faut que la taille atteigne et même dépasse 100 μ pour que les ornements soient bien apparents: ils s'épaississent ensuite et de nouvelles rides apparaissent à mesure que le cénobe grandit. Ces réseaux fixent fortement les colorants pectiques (rouge neutre, bleu de méthylène, hématoxyline ammoniacale). Sur les colonies des cultures, les réseaux tardent de plus en plus à apparaître et sont de moins en moins épais; mais ils sont encore bien visibles sur les vieilles colonies.

Source : MNHN, Paris

J'ai représenté (fig. 147) les différentes formes des cellules du pourtour chez *P. Boryanum* et chez *P. angulosum*. On remarquera la convergence des formes des cellules marginales chez les deux espèces; la pointe hyaline tronquée, distincte de la cellule verte,

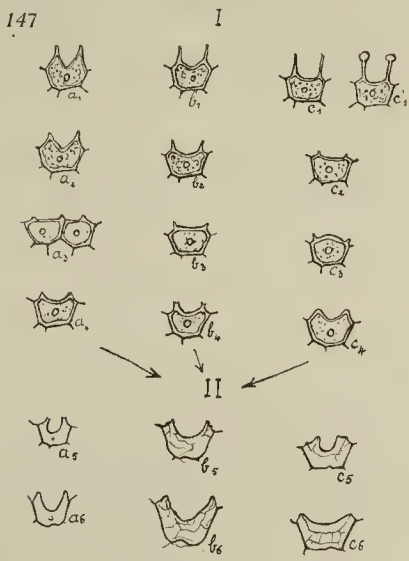


Fig. 147. — Diverses formes de *P. Boryanum* (I) et *P. angulosum* (II). Relations entre les deux espèces.
1) Evolution du *Boryanum type* (a_1) vers la forme *muticum longicorne* (*c*) et la forme *glanduliferum* (*c'*$_1$).
2) Evolution du *Boryanum* (a_2) vers la forme *muticum brevicorne* (c_2).
3) Formes *integrum*.
4) a_4 Forme *vagum* (= *rugosum* Racib.); *b*, forme *bidentulum*; c_4, forme *laevigatum*.
5), 6) Diverses formes de *P. angulosum*.

est un caractère bien fidèle de la 1re espèce, comme l'échancrure arrondie pour la 2e; cependant il arrive qu'on ne peut distinguer de pointe hyaline chez *P. Boryanum* et que, chez *P. angulosum*,

Source MNHN Paris

l'échancrure est si peu marquée que les lèvres sont saillantes comme deux lobes au-dessus du bord presque droit; dans ce cas, les ornements cellulaires seuls, permettent de distinguer les deux espèces: les cénobes de *P. Boryanum* ont toujours des granulations, jamais de plis; ceux de *P. angulosum* ont des plis, jamais de granulations.

Les figures 145 et 146 représentent des formes aberrantes, remarquables, entre autres caractères, par l'échancrure profonde et relativement étroite de la cellule marginale.

Espèce supprimée

P. polydens Morosowa-Wodianitzkaja (157, T. II, f. 20; 158, f. 5, 6). L'apparition de dents sur les pointes s'observe quelquefois chez les vieux cénobes. La figure 6 de l'auteur se rapporte mieux, d'ailleurs, à un *P. duplex*.

Variétés supprimées

a) *araneosum* Raciborski (187, p. 18); *impeditum* Racib. (ibid., p. 20); *gyrosum* (ibid.); *Haynaldii* Racib. (ibid., p. 21): ces quatre variétés diffèrent peu de la forme type; elles portent des réseaux caractéristiques de l'espèce: je les considère comme des formes de vieillesse.

b) *lævigatum* Raciborski (187, p. 17); *rugosum* Racib. (ibid., p. 21): variétés fondées sur l'absence de plis (caractère de jennesse), ou la présence d'ornements différents.

c) *truncatum* Gutwinski (96, p. 68, T. II, f. 3). Sous ce nom, l'auteur présente des cénobes 5-6-cellulaires, donc irréguliers par le nombre de leurs cellules; les cellules marginales ont une échancrure relativement profonde et aiguë, très différente de celle que j'ai l'habitude de voir chez les *angulosum* d'Anjou; chaque lèvre est limitée extérieurement par une ligne droite, qui porte, à ses deux extrémités, une dent plus ou moins longue, celle du milieu plus longue que l'autre, cylindrique, hyaline. Il est difficile d'attribuer cette forme à une espèce déterminée, avec quelque certitude. La soudure presque complète des cellules marginales fait penser à un *Tetras*, dont les lèvres seraient plus écartées que d'ordinaire.

Source MNHN Paris

P. Tetras (Ehrenberg) Ralfs

Les cénobes de cette espèce présentent quelques caractères bien constants :

la forme trapézoïdale des cellules du pourtour, soudées les unes aux autres sur toute leur longueur;

l'échancrure, ou incision, étroite et profonde, qu'elles portent, ainsi que celles du disque;

l'absence de plis simples ou anastomosés et de granulations sur la membrane cellulaire.

Nombre et disposition des cellules :

4 = 4 + 0	.....	CCC
8 = 7 + 1	.....	CCC
16 = 11 + 5	.....	C
32 = 16 + 11 + 5	.....	R
64 = inconnu.		

Les différentes formes du bord externe de la cellule du pourtour permettent de classer les colonies en deux groupes principaux :

1° Cellules du pourtour avec une seule incision plus ou moins profonde et aiguë: groupe de *Vexcisum* (fig. 148).

2° Cellules du pourtour avec deux incisions ou échancrures supplémentaires, moins profondes que la principale; cellules à pointes biradiées: groupe du *tetraodon* (fig. 149).

Mais, comme le montrent les dessins de la figure 150, toutes les formes de passage se trouvent entre ces deux groupes et l'on peut diviser autrement les différentes formes :

1) pointes non saillantes : bord droit, ou concave, ou subdivisé par une incision supplémentaire peu profonde (fig. 150 *a*).

2) pointes saillantes : bord simple, ou concave, ou subdivisé par une incision supplémentaire aiguë, peu profonde (fig. 150 *b*).

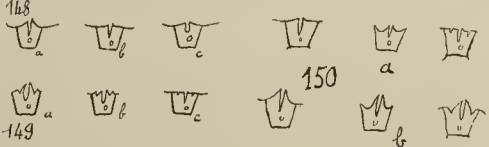


FIG. 148-150. — *P. Tetras* × 500. Diverses formes de la cellule marginale. (Voir le texte).

Source MNHN Paris

Groupe de l'*excisum*

Les figures 151, *1* à *13*, etc., représentent les formes les plus communes dans l'étang du Jardin botanique de Tours. Ou les trouve également partout. J'ai remarqué que les colonies fixées ont les pointes réduites (fig. *2, 3, 10*), tandis que les formes des figures *1, 4,* sont des formes planctoniques. Les figures *8, 12, 13* représenteut les formes rares; certaines correspondent assez bien à quelques variétés des auteurs; par exemple la figure *8* à la forme *obtusata* Racib. (187), la fig. *12* à la variété *longicornis* (Racib.?) West G. S., les figures *9, 10* à la variété *anomalum* de Handa.

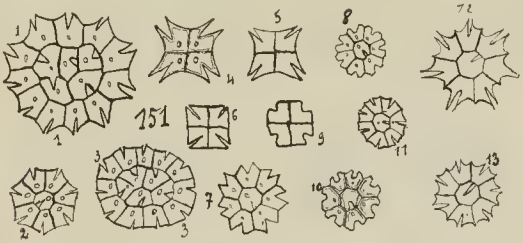


Fig. 151. — *P. Tetras* × 500. Groupes de l'*excisum*. (Voir le texte).

Groupe du *tetraodon*

Les figures 152; *14, 15,* représentent des formes abondantes dans l'étang de Serrant. Les cénobes des figures *17, 18* ont été trouvés dans la Loire, en 1929, en automne, à la période des basses eaux. Les colonies des figures *21, 22,* chez lesquelles la double pointe des cellules marginales est à peine marquée, constituent entre les deux groupes des formes de passage que l'on peut reucoutrer partout.

Source MNHN Paris

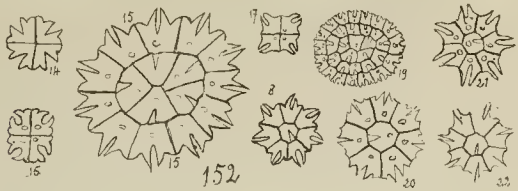


Fig. 152. — *P. Tetras* × 500 (sauf *15*, × 750). Groupe du *tetraodon*. (Voir le texte).

Les cénobes des figures 153, *a*, *b* correspondent à peu près au *P. obtusum* de Lucks (153, p. 43, fig. 5). J'ai trouvé cette forme le 2 mai 1929, dans des matériaux provenant du grattage de feuilles immergées dans l'étang du Jardin botanique de Tours. L'aspect général du cénobe est assez différent de celui de la colonie de la figure 151 *I*, que l'on l'on trouve dans le plancton de l'étang, pour donner d'abord l'impression d'un organisme différent; mais, si l'on se reporte aux dessins des cénobes à pointes non saillantes, on trouve tous les passages entre *P. Tetras* type et *P. obtusum*.

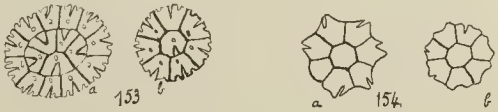


Fig. 153, 154. — *P. Tetras* × 500. — 153, formes benthiques, Jard. bot. de Tours; — 154, formes de cultures.

Les figures 154 *a*, *b*, représentent des colonies chez lesquelles on ne voit pas d'incision sur la cellule centrale et l'incision paraît manquer aussi sur certaines cellules du pourtour. Etant donné l'extrême rareté de ces cénobes et leur aspect général, qui est celui du *P. Tetras*, je considère ces formes comme étant dues à des variations individuelles.

Il est difficile de fournir une explication satisfaisante pour toutes ces variations, plus ou moins marquées et reliées entre elles par toutes les transitions. *P. Tetras* est le moins planctonique de tous les *Pediastrum*: on saisit moins facilement les modifications qu'il subit dans le passage de la vie benthique à la vie pélagique.

Source MNHN Paris

De plus, les stades de vieillesse n'y sont pas indiqués par des caractères, tels que des granulations, comme on en trouve chez d'autres; ce qui permettrait peut-être de saisir l'influence de l'âge sur d'autres détails de la morphologie.

Pour une espèce si commune et si polymorphe, d'ailleurs, il est remarquable que *P. Tetras* ait été si peu découpé par les algologues modernes et ait donné naissance à un si petit nombre de variétés.

Espèces supprimées

P. obtusum Lucks (153, p. 43, fig. 5): espèce fondée sur la longueur des pointes et la présence de deux incisions supplémentaires sur la cellule marginale.

P. incavatum Turner (251, p. 160, T. XXI, fig. 21): le dessin de l'auteur rappelle un *P. Tetras*, mais je n'ai jamais observé de colonies semblables; la variété *irregularum* de Handa (100, p. 261) est établie sur une disposition peu commune: 6 cellules au pourtour, au lieu de 7.

Variétés supprimées

1) *tetraedron* (Corda. 63) Rabenhorst (186, p. 78); *excisum* Rabh. (ibid.); *longicornis* Raciborski (?), West (254, p. 132, T. V, f. 5): cette variété n'existe pas dans le mémoire de Raciborski (187); West a peut-être emprunté la dénomination à Gutwinski (95, p. 10; 97, p. 305; 99, p. 113), qui l'attribue aussi à Raciborski, mais en renvoyant à des figures de ce dernier, qui se rapportent non à *P. Tetras*, mais à *P. muticum* et à *P. Boryanum*. Variétés fondées sur des modifications individuelles du bord de la cellule marginale et sur la longueur des pointes.

2) *perforata* Woloszynska (282, p. 196): variété caractérisée par la présence de petits méats.

3) *burmanicum* Handa (100, p. 261, T. IV, f. 3); *anomalum* Handa (ibid.): variétés créées d'après des cénobes 4 ou 8-cellulaires, à incisions plus larges, à pointes plus écartées que chez les cénobes 16-cellulaires.

Source MNHN Paris

P. Braunii Wartmann

WARTMANN et SCHENK : *Schweizerische Kryptogamen*, fasc. 1, n° 32, St Gallen, 1862; BORGE (35, p. 25).

Synonyme: *P. tricornutum* Borge (25, p. 4, f. 3).

Historique

C'est dans les lacs et les marécages tourbeux des hautes montagnes (St-Moritz, Engadine) que WARTMANN découvrit son *P. Braunii*. Il en donne la description suivante (d'après BORGE, 35, p. 25):

« De toutes les espèces de ce groupe (*Tetracinium*), mon espèce se distingue par la division à peine marquée des cellules du pourtour en deux bras; le developpement des quatre courtes cornes est très inégal; il n'est pas rare que les deux dents du milieu soient avortées, du moins l'une d'elles l'est souvent, de sorte que les cellules marginales n'ont souvent que trois cornes. Les cornes latérales disparaissent aussi quelquefois presque complètement; celles des bords de deux cellules voisines sont parfois si rapprochées qu'elles paraissent n'en faire qu'une seule. Les cénobes sont le plus souvent à 8 cellules = 7 + 1 (diamètre de 20 à 38 μ) et à 4 cellules (diamètre de 20 à 28 μ). Chez ces dernières, tantôt les quatre cellules sont en cercle, renfermant au milieu une petite lacune quadrangulaire, tantôt elles sont disposées de telle maniere que deux cellules se touchent au milieu (2 + 2). On trouve aussi, entre autres dispositions: 7 = 6 + 1, 8 = 1 + 5 + 2, 16 = 5 + 11 (une petite lacune à cinq angles au centre) ».

P. Braunii est mentionné par RABENHORST (186, p. 78) et par DE TONI (247, p. 583). Ce dernier donne la diagnose suivante :

« *Cœnobiis orbicularibus 18-38 μ diam., continuis (saepissime tamen lacuna parva centrali), glauco-viridibus (siccatis), e cellulis 4 (2 + 2), 7 (1 + 6), 8 (1 + 5 + 2) vel 16 (11 + 5) formatis; cellulis periphericis late cuneatis, a basi ad apicem usque concretis, levissime emarginatis, vix bilobis, quadricornibus; cornibus plus minusve evolutis (haud raro uno alterove rudimentari vel subnullo); cellulis centralibus polygoniis* ».

NITARDY (162, p. 156), qui rapporte cette diagnose, croit que *P. Braunii* Wartm. doit être rapporté à *P. Tetras* Ralfs (= *P. incisum*

Source MNHN Paris

Hassall). Il remarque que le nombre des cellules des cénobes et leur disposition indiquent des colonies irrégulières (8 = 1 + 5 + 2); la combinaison 7 = 1 + 6 lui paraît douteuse. La diagnose de Wartmann, d'après lui, s'appliquerait bien à *P. Tetras* (= *P. incisum*), si l'on avait indiqué une incision sur les cellules du disque. En effet, Wartmann ne parle pas d'incisions sur les cellules du disque; au contraire il fait remarquer que la cellule du pourtour n'est pas divisée nettement en deux bras.

En 1892, Borge (25, p. 4, fig. 3) signale, sous le nom de *P. tricornutum*, une nouvelle espèce avec la diagnose suivante : « *cœnobio orbiculari, continuo; cellulis periphæricis trapeziformibus margine extremo tricornutis, centralibus polygonis* ».

Dans le dessin de Borge, toutes les cellules marginales ont trois cornes; c'est ce qui explique qu'aucun auteur, excepté Lagerheim, ne s'apercevra de la ressemblance de *P. tricornutum* et de *P. Braunii*: il faudra attendre que Borge lui même, en 1911, nous dise, comme nous le verrons, que ces deux noms désignent la même plante et que le sien doit disparaître comme postérieur. Malgré cela, d'ailleurs, la plupart des algologues actuels désignent encore la plante de Wartmann sous le nom de *P. tricornutum* Borge.

Schmidle (197, p. 5), en 1895, décrit une variété du *P. tricornutum* Borge: var. *alpina*, avec 2 formes: *f. simplex* et *f. evoluta*. Les colonies diffèrent de la forme type (var. *genuina* Schm.) en ce qu'ils sont perforés; la forme *simplex* désigne les colonies 4-cellulaires, la forme *evoluta*, les cénobes à 16 cellules. Mais, dans les dessins de Schmidle, presque toutes les cellules du pourtour ont quatre cornes, ce qui les fait ressembler beaucoup à celles des cénobes de Wartmann; cependant Schmidle ne mentionne pas *P. Braunii*.

L'année suivante, Schröder (205, p. 22, T. L, fig. 7) décrit une forme de *P. tricornutum* Borge à membranes portant des granulations.

Chodat (55, p. 230), en 1902, rattache *P. Braunii* Wartm. à *P. biradiatum* Meyen, à cause des 4 cornes sans doute, et signale à côté *P. tricornutum* Borge, qu'il a trouvé dans des formations tourbeuses (lac de Champex, dans les Sphaignes, Trélasse, Grand Saint Bernard); la forme diffère de celle de Borge: « Chaque cellule périphérique, dit-il, porte vers chaque extrémité du bord externe une petite corne hyaline courte, et sur la face, à quelque distance de la

Source MNHN Paris

marge externe, un appendice conique couché, qui dépasse à peine le bord et est terminé également par un bouton hyalin (55, fig. 155).

Nitardy (162, p. 168, 180) tient l'organisme de Chodat pour différent de celui de Borge, mais ne signale aucune relation entre eux et le *P. Braunii* Wartm.

Chodat (56, p. 95), en 1922, décrit longuement l'organisme signalé par lui en 1902 sous le nom de *P. tricornutum* Borge, qu'il a retrouvé en abondance dans les mares alpines du Grand Saint Bernard et dans les marais tourbeux de Champex. C'est bien l'espèce de Borge, mais la cellule marginale a quatre pointes, dont les deux plus externes sont généralement dans le plan du cénobe. Ce dernier est souvent irrégulier et cœlastroïde. Chodat décrit la multiplication: la jeune colonie s'organise hors de la cellule mère, à l'intérieur d'une vésicule; mais la multiplication se fait aussi, comme chez *P. Boryanum*, par autocolonies. Quelquefois les corpuscules verts ne s'organisent pas, restent isolés et prennent alors l'aspect de polyèdres. Mais Chodat ne parle pas, dans cette note, de *P. Braunii* Wartm.

Cependant Lagerheim (131), en 1900, avait parlé du *P. Braunii* Wartm., dans son ouvrage sur le planeton de l'Ile-aux-Ours, et s'était aperçu, le premier, de sa ressemblance avec le *P. tricornutum* Borge; il dit en effet (p. 10, en note): « *P. tricornutum* Borge est sans doute identique à cette espèce (*P. Braunii*): ce nom (*tricornutum*) est donc à supprimer, et aussi pour cette autre raison que l'espèce n'a pas trois, mais quatre cornes; il semble que cette espèce franchement sphagnophile est largement répandue ».

En 1911, Borge (35), s'occupant de la flore planctonique du Spitzberg, consulta le travail de Lagerheim sur l'Ile-aux-Ours et, trouvant la note dont nous avons parlé, voulut savoir si son *P. tricornutum* était bien identique, comme le croyait Lagerheim, au *P. Braunii* Wartm. Voici ce qu'il dit à se sujet (p. 25) : « *P. Braunii* Wartm. = *P. tricornutum* Borge. J'ai vu peu d'exemplaires: quelques uns correspondaient au *P. tricornutum* Borge; chez les autres, au contraire, les cellules étaient munies de 4 petites cornes. Lagerheim suppose que *P. tricornutum* Borge est identique à *P. Braunii* Wartm.; me reportant à la description de ce dernier organisme par Rabenhorst (Fl. Eur. Alg.), je jugeai la supposition fondée. Sur ma demande, je reçus du Muséum Botanique de Zurich un

Source : MNHN, Paris

exemplaire original du *P. Braunii* Wartm.; l'examen me prouva la justesse de l'hypothèse de LAGERHEIM. Les cellules du pourtour, vues de front, sont à 4 cornes; les deux cornes du milieu sont un peu redressées; parfois ces deux cornes ou l'une d'elles sont rabattues et un peu écrasées; dans ce dernier cas, on a une forme à trois cornes, ce qui m'avait déterminé à l'appellation *tricornutum* ». BORGE reproduit ensuite la diagnose de WARTMANN, qu'il fait suivre de ces remarques: « On pourrait rapporter au *P. Braunii* le *P. Kawraiskyi* Schmidle; d'après la diagnose de SCHMIDLE, le *P. Kawraiskyi* différerait du *P. Braunii* par l'absence des cornes des côtés et par les granulations de la membrane; or, WARTMANN dit que les cornes des côtés peuvent manquer chez *P. Braunii*. Quant aux granulations, SCHRÖDER (Neue Beitr. Alg. Riesengeb., S. 22, T. I, fig 2) a décrit un *P. tricornutum* granuleux ».

On a vu, en effet, précédemment, que BORGE avait longtemps méconnu le vrai *P. Kawraiskyi*, mais l'avait bien distingué du *P. Braunii* en 1921.

MOROSOWA-WODIANITZKAJA (157, p. 28, T. II, fig. 26 et 30) n'admet pas l'espèce de BORGE: elle la rattache, à titre de variété, en partie à *P. Tetras*, en partie à son *P. tetrapodum*. Elle ne mentionne pas le *P. Braunii* Wartm. Les dessins qu'elle donne de la variété *tricornutum* du *P. tetrapodum* (157, T. II, fig. 26 et 158, fig. 4) ne rappellent nullement le *P. Braunii* Wartm.; les cellules du pourtour sont biradiées; il en est de même de sa fig. 30 de la pl. II, qui représente le *P. Tetras* var. *caudatum* Br. (syn. du *P. tricornutum* Borge, d'après MOROSOWA-WODIANITZKAJA; les cellules ont quatre pointes dans un même plan et sont incisées. C'est auteur n'a donc pas trouvé en Russie le véritable *P. Braunii* Wartm. (= *P. tricornutum* Borge).

En résumé :

1° *P. Braunii* Wartm. est identique au *P. tricornutum* Borge et cette dernière appellation doit disparaître comme postérieure, et d'ailleurs inexacte, puisque la cellule du pourtour a 4 cornes.

2° *P. Braunii* Wartm. est absolument différent du *P. Kawraiskyi* Schm., du *P. biradiatum* et du *P. Tetras* qui, nous l'avons vu, constituent des espèces bien distinctes.

Source MNHN Paris

Description (Fig. 155 à 158)

J'ai pu étudier la morphologie de *P. Braunii*, grâce à l'obligeance de M. Deflandre, qui a communiqué à M. Bioret un échantillon de sa récolte d'une fleur d'eau, du 28 août 1925, dans la tourbière à Sphaignes des Praiges (Haute-Savoie).

Fig. 155-158. — *P. Braunii* × 500. (158, × 750). Récolte de M Deflandre.

Le disque est simple et sans lacune (rarement un petit méat ou deux dans les cénobes 16-cellulaires); les cellules du disque sont polygonales et non incisées; les cellules marginales sont trapézoïdales, comme chez *P. Tetras*, mais ni incisées, ni biradiées, et soudées les unes aux autres jusqu'au sommet. Le bord frontal libre est élargi en forme de cupule aplatie et ovale; il porte 4 cornes hyalines courtes, faiblement tronquées ou pointues: une à chaque extrémité et deux au milieu; les premières sont ordinairement dans le plan du cénobe; les autres en-dessus et en-dessous, aussi ne sont-elles pas toujours visibles: souvent l'on n'en voit qu'une; elles ne se trouvent jamais au milieu du bord, comme dans l'organisme de Chodat (55, p. 230, fig. 155) et ne portent pas de bouton hyalin à leur extrémité. La membrane des cellules est lisse.

Disposition des cellules dans le cénobe :

4 cellules:	2 + 2	R.
8 cellules:	7 + 1	CC.
16 cellules:	11 + 5	CC.
32 cellules:	pas observé.	

Dimensions moyennes :

Diamètre des cénobes 4-cellulaires: 28 μ; 8-cellulaires: 30-35 μ; 16-cellulaires: 40-50 μ. Longueur des pointes: 2 μ.

Source MNHN Paris

Espèce à supprimer

P. tricornutum Borge (25): dénomination postérieure à *P. Braunii*, reconnue comme synonyme par Borge lui-même.

Variétés et formes supprimées

genuina Borge (25, p. 4, f. 3): c'est la forme type.

alpina Schmidle (197, p. 5): variété établie sur de petits méats.

simplex Schmidle, *evoluta* Schmidle (ibid.): formes fondées sur le nombre des cellules du cénobe (respectivement 4 et 16).

Source MNHN Paris

TROISIÈME PARTIE

REPRODUCTION

L'examen de nombreuses pêches, riches en *Pediastrum* variés, m'a fourni l'occasion d'observer, à maintes reprises, les différents stades de la reproduction asexuée, principalement chez *P. Boryanum* et *P. duplex*. Ce mode de multiplication est de beaucoup le plus fréquent.

L'émission de gamètes a été observée par DE BARY et décrite par BRAUN (45, p. 67, Tab. II, fig. B), d'après les renseignements à lui fournis par DE BARY. Suivant ces auteurs, il existerait des macrogamètres (macrogonidies) et des microgamètes (microgonidies), à un ou deux cils, sortant de la cellule mère en une masse renfermée dans une vésicule; celle-ci s'échapperait par une fente comme pour les zoospores et se résorberait peu à peu, en se dilatant, dans le milieu ambiant. La conjugaison aurait lieu après la mise en liberté des gamètes, mais elle n'a pas été observée.

Cette description ne concorde pas avec celle de CHODAT (55, p. 179), qui dit: « Tandis que les zoospores sont entourées par la vésicule, les gamètes sont mis directement en liberté, ce que j'ai pu constater ».

ASKENASY (8) a décrit, chez *P. Boryanum*, des polyèdres semblables à ceux de l'*Hydrodictyon*, germant en donnant directement des zoospores, renfermées dans une vésicule et s'organisant en une nouvelle colonie.

Malgré l'observation attentive, suivie pendant cinq années, des

Source MNHN Paris

Pediastrum de l'étang du Jardin botanique de Tours, je n'ai jamais rien vu qui ressemblât à une émission de gamètes ou à un *polyedrium*. Je considère donc la reproduction sexuée comme très rare et j'ignore complètement quelles sont les conditions naturelles qui la provoquent.

Tout ce qui suit se rapporte uniquement à la multiplication asexuée. Elle est essentiellement caractérisée, on le sait, par une sporulation à l'intérieur d'une cellule quelconque de la colonie; les spores, provenant de la division répétée du noyau, sont en nombre variable, mais ce nombre est toujours une puissance de 2. Elles passent d'ordinaire par un stade zoospore, qui ne comporte pas d'existence libre à l'extérieur. Ces zoospores, enfermées dans une enveloppe commune, finissent par se disposer dans un plan et constituer une colonie semblable à la colonie mère.

La reproduction asexuée n'avait été observée, à ma connaissance, que chez *P. Boryanum*, *duplex*, *Tetras* et *Braunii;* j'ai pu en suivre les différents stades chez *P. biradiatum* et *P. angulosum;* je l'ai observée en partie chez *P. simplex* et *P. Kawraiskyi*.

L'existence des zoospores est certaine chez toutes ces espèces, sauf chez *P. Tetras*.

La formation d'une nouvelle colonie se fait le plus souvent à partir d'une cellule ordinaire, plus rarement à partir d'une cellule enkystée.

Source MNHN Paris

CHAPITRE PREMIER

REPRODUCTION ASEXUEE A PARTIR DE CELLULES ORDINAIRES

I. *P. Boryanum*

A. REPRODUCTION NORMALE

La reproduction consiste dans l'émission d'une vésicule hyaline, contenant des corpuscules verts mobiles (zoospores), qui s'étalent sur un plan et s'unissent les uns aux autres pour former une nouvelle colonie. Le phénomène a été observé la première fois par Braun (44) et étudié par Chodat et Huber (58). Voici quelques détails nouveaux.

La formation des colonies débute d'ordinaire dans les cellules du disque: souvent, de la colonie mère, il ne reste qu'une couronne de cellules vertes (fig. 159); parfois cependant c'est le contraire qui se réalise: on a une couronne de cellules vides et le centre vert; mais ce dernier cas est très rare.

Dans l'étang du Jardin botanique de Tours, les colonies qui donnent des cénobes, au printemps, ont sensiblement la même taille: colonies 16-cellulaires: 80 μ; colonies 32-cellulaires: 90 μ. La cellule a, en moyenne, 15 à 18 μ de diamètre; les parois ne sont pas ou peu granuleuses.

La division cellulaire qui précède la formation des zoospores paraît rapide. Mes observations sont malheureusement rares sur ce point; mais j'ai vu la division en 16 masses vertes du contenu d'une cellule marginale; elle a duré 3 minutes. La première segmentation s'est faite parallèlement aux pointes.

Les corpuscules verts se transforment en zoospores et entrent en mouvement un peu avant l'émission de la vésicule (fig. 159), à l'intérieur de la cellule mère; j'ai vu la vésicule, détachée des parois

Source MNHN Paris

de la cellule mère, rouler sur elle-même à l'intérieur de cette dernière, entraînée par les zoospores en mouvement.

Après l'émission de la vésicule, le mouvement des zoospores dure peu: de 5 à 15 minutes; elles s'étalent sur un plan et se disposent en cercles autour d'une cellule centrale (cénobes 16 et 32-cellulaires); les pointes apparaissent aussitôt au pourtour; la vésicule s'étale, se dilate et devient de moins en moins visible. J'ai noté: mouvement des zoospores: 10'; étalement sur un plan: 3'; apparition des pointes avec échancrure des cellules marginales: 2'; puis la vésicule disparaît peu à peu.

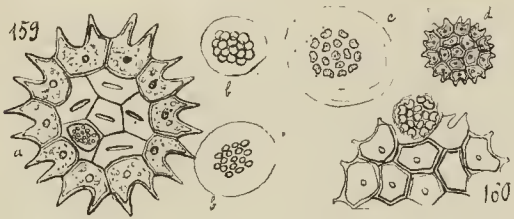


Fig. 159, 160. — *P. Boryanum* × 500. Multiplication asexuée. — 159, Divers stades de la multiplication. Récolte fraîche, Jard. bot. de Tours. — 160, Multiplication dans un cénobe de cultures.

Il n'y a jamais qu'une vésicule par cellule mère; mais le nombre des corpuscules verts dans la vésicule n'est pas toujours égal au nombre des cellules de la colonie mère: dans les colonies 32-cellulaires, l'organisation de la colonie fille, c'est à dire la disposition des cellules, diffère le plus souvent de celle de la colonie mère.

Normalement les zoospores ne s'organisent qu'en une seule colonie.

Les corpuscules verts s'unissent, mais sans se toucher, par l'intermédiaire d'un réseau continu dont ils garnissent les mailles, que l'on voit se dessiner quand la vésicule se dilate et disparaît: c'est la première ébauche du squelette cénobial. La substance qui constitue le réseau est de nature pectique: les jeunes colonies, vidées par l'hypochlorite de soude, ne donnent, avec l'iode et l'acide sulfurique, qu'une coloration à peine violette; mais elles fixent très bien

Source MNHN Paris

le rouge neutre. D'où vient le réseau, embryon du squelette de la colonie ? Est-il secrété par les corpuscules, ou provient-il de la vésicule qui les a renfermés ? Il ne doit pas exister de différence entre ce cas particulier et le cas général: chez toutes les Algues à membrane celluloso-pectosique qui se reproduisent par zoospores isolées, la zoospore mobile est toujours une *cellule nue*, qui secrète son enveloppe rigide, après s'être fixée.

B. MODIFICATIONS DANS LE MODE DE REPRODUCTION ASEXUEE

Chodat et Huber (58) ont étudié l'influence de la concentration des sels dissous dans le milieu liquide sur la multiplication: il se produit un retard dans la sortie de la vésicule; les zoospores perdent leur mobilité, les colonies restent plus ou moins en boule, au lieu de s'étaler, formant ainsi des colonies *coelastroïdes;* enfin l'organisation de la colonie fille commence dans la cellule mère et la vésicule n'apparaît plus.

J'ai remarqué moi-même qu'il suffit d'abandonner une culture spontanée dans un cristallisoir non couvert, où l'évaporation de l'eau est active pour obtenir les colonies coelastroïdes; elles sont beaucoup plus rares lorsqu'on empêche l'évaporation.

Dans les vieilles cultures (6 à 10 mois) on observe alors des modifications dans le mode de multiplication asexuée. La durée de la phase zoospore, qui est normalement courte, diminue encore; le mouvement des corpuscules cesse aussitôt après l'émission de la vésicule; la colonie, dans ce cas, s'organise encore en dehors de la cellule mère. Le mouvement des zoospores peut aussi cesser avant l'émission et il arrive même qu'il n'a plus lieu du tout. Dans ce cas, la colonie s'organise dans la cellule mère; on ne voit plus ni vésicule, ni fente; la multiplication a lieu par auto-colonie comme chez *Scenedesmus quadricauda* ou *Coelastrum microporum* (fig. 160).

Chodat (58) a montré que la transformation de la multiplication par zoospores en multiplication par auto-colonie avait lieu aussi, et rapidement, sous l'influence de l'augmentation de la concentration du milieu nutritif. Nous venons de voir que l'absence de flottement peut produire à la longue le même effet.

Source MNHN Paris

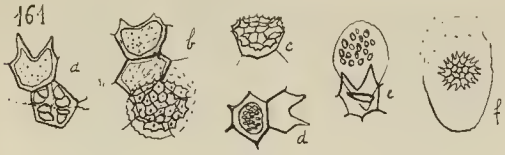


Fig. 161. — *P. Boryanum* × 500. — Multiplication asexuée. (Voir le texte).

J'ai réuni, dans la figure 161, des fragments de cénobes de *P. Boryanum*, portant des cellules en voie de multiplication asexuée; en *a*, on voit une cellule dont le contenu est divisé en 8 masses vertes, arrondies, à peu près égales, groupées deux à deux; il y a eu deux plans de division sensiblement perpendiculaires. En *b*, une colonie cœlastroïde irrégulière naît de la cellule centrale d'un cénobe à 16 cellules; elle est entourée d'une gelée hyaline; la cellule mère ne porte pas de fente: je crois qu'ici l'expulsion de la colonie fille a eu lieu par une déchirure latérale continue, une des faces de la cellule mère s'étant soulevée, comme le couvercle d'une tabatière, sous l'influence de la gelée. En *c*, la colonie fille s'est constituée entièrement dans la cellule mère. On remarquera que dans ces deux derniers cas, où le dégagement de la colonie fille a été imparfait ou nul, les cellules marginales sont du type *integrum*. Or ces cas de multiplication ont été observés sur des cultures de récoltes planctoniques de l'étang du Jardin botanique de Tours, cultures âgées de 2 à 4 mois. Il semble donc que, dans la vie fixée, les anomalies que l'on observe dans la multiplication végétative conduisent aussi aux formes *muticum* et *integrum*. En *d*, on voit une vésicule libre en mouvement dans la cellule; en *e*, elle s'est échappée par une fente et les zoospores sont en mouvement; en *f*, la jeune colonie est encore enfermée dans la vésicule en voie de disparition; les pointes sont déjà longues. Les figures *d*, *e*, *f* se rapportent à des récoltes de l'étang du Jardin botanique de Tours, examinées une demi-heure après leur arrivée au laboratoire; en les comparant aux figures *b* et *c*, on peut constater l'influence du milieu sur le développement des phases de la multiplication et sur l'aspect des jeunes colonies.

Source MNHN Paris

Fig. 162. — *P. Boryanum* × 500. — Hypnospores (?). Cultures (Jard. bot. Tours).

Enfin il peut arriver que la jeune colonie ne parvient pas à s'organiser, ou même que la division cellulaire s'arrête tout à fait : les corpuscules verts, au lieu de s'unir, s'entourent chacun d'une membrane épaisse, échinulée ou non, et prennent l'aspect de spores (fig. 162. CHODAT (**58**) a signalé, sous le nom d'*hypnospores*, des productions analogues. Ce phénomène me paraît exceptionnel. En août 1929, dans une culture spontanée d'une récolte de plancton faite dans l'étang du Jardin botanique de Tours le 1er mai 1929, les hypnospores (?) se trouvèrent tout à coup assez abondantes pour que je tentasse de les isoler, afin de suivre leur germination: je n'ai pas réussi à les isoler. J'ai essayé depuis, également sans succès, d'en provoquer la formation: la culture dans laquelle elles étaient apparues avait été abandonnée, sur l'appui d'une fenêtre, en plein soleil, à une forte chaleur (28-33°). J'ai traité quelques prises d'essai faites dans cette culture par de la teinture d'orcanette (1/5 avec alcool à 90°) au bain-marie bouillant: les cellules contenaient des gouttelettes d'huile.

II. *P. duplex* (fig. 163)

Chez *P. duplex* la multiplication est exactement semblable à celle du *P. Boryanum*. Elle a été observée aussi par MOROSOWA WODIANITZKAJA (157, p. 26, T. I, fig. 5).

La phase zoospore est très nette, mais elle ne dure pas plus longtemps que chez *P. Boryanum*. Les corpuscules s'incurvent sur leurs quatre faces aussitôt après leur étalement sur un plan, avant la disparition de la vésicule. Puis ils se soudent par les extrémités de leurs bras; la jeune colonie présente déjà des lacunes très nettes avant la disparition de la vésicule.

Source : MNHN, Paris

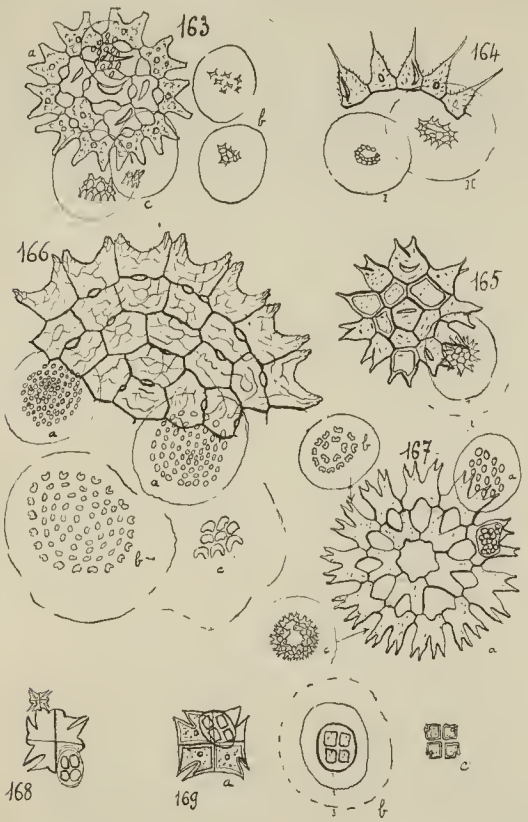


Fig. 163-169. — Multiplication asexuée : — 163, *P. duplex*, Jard. bot. de Tours ; — 164, *P simplex*, Serrant ; — 165, *P. Kaworiskyi*, Serrant ; — 166, *P angulosum*, Serrant ; — 167, *P. biradiatum*, Serrant ; — 168, *P. Tetras*, Serrant ; — 169, *P. Tetras*, Jard. bot. de Tours.

Source MNHN Paris

III. *P. simplex* (fig. 164)

Chez *P. simplex* je n'ai jamais pu saisir la sortie de la vésicule, mais j'ai observé l'organisation de la jeune colonie dans l'intérieur de la vésicule. Si mes observations sur cette espèce sont plus rares, cela tient sans doute à ce qu'elle se maintient en culture beaucoup moins facilement que les précédentes et s'y multiplie très rarement.

IV. *P. Kawraiskyi* (fig. 165)

Cette espèce est si rare que mes observations, en ce qui la concerne, ont été beaucoup moins nombreuses : je n'en connais qu'une seule station et l'Algue n'y a été abondante qu'en 1929. Mais la multiplication se fait, là aussi, par une vésicule, qui s'échappe par une fente et dans laquelle s'organise le jeune cénobe.

V. *P. angulosum* (fig. 166)

La multiplication se fait comme chez *P. Boryanum*. La jeune colonie est extrêmement caractéristique; les cellules du pourtour, à peine soudées, ressemblent à un tube en U, aux extrémités légèrement effilées et obtuses.

VI. *P. biradium* (fig. 167)

La multiplication végétative est semblable en tous points à celles de *P. Boryanum, angulosum* et *duplex*.

Les zoospores enfermées dans une vésicule hyaline, qui s'est détachée de la paroi et est devenue libre à l'intérieur de la cellule mère, s'échappent en boule, par une fente, avec la vésicule, s'agitent en un vif mouvement de fourmillement, qui dure 5 minutes; puis elles s'étalent sur un plan, pendant que la vésicule se dilate; elles se disposent en cercles concentriques, cessent de s'agiter et se soudent; les bras apparaissent en pourtour et la vésicule disparaît.

Source MNHN Paris

VII. *P. Tetras* (fig. 168, 169)

La sporulation a été décrite par BERNARD (17, p. 95, T. XV, f. 502-513).

« Dans les stades qui précèdent la division, les cellules se gonflent, d'où il résulte que les émarginations latérales et l'incisure angulaire deviennent moins marquées. J'ai pu observer tous les stades de la division, qui se fait de la manière suivante. Une première cloison apparaît, un peu courbée, qui va du fond de l'incisure angulaire au milieu d'un des côtés externes de la cellule. Une deuxième cloison se forme, partant du milieu du côté convexe de la précédente cloison et aboutissant à peu près à l'angle opposé. Enfin, une troisième va du milieu de la seconde jusque dans le voisinage de l'angle interne de la cellule. Il résulte donc, de cette division, 4 éléments filles; pour la formation des cénobes 8-cellulaires, de nouvelles cloisons partagent ces 4 cellules. Les cellules filles grossissent et peuvent s'organiser, directement dans la cellule mère, en cénobe définitif, de forme identique au cénobe primitif. Les cénobes filles sont mis en liberté par rupture de la membrane de la cellule mère. Dans d'autres cas, les cellules filles sortent alors qu'elles ne sont pas encore organisées, ou du moins alors qu'elles le sont incomplètement: ou bien toutes sont irrégulièrement polygonales ou elliptiques, ou bien les unes ont déjà acquis leur forme définitive, tandis que les autres sont restées plus ou moins arrondies ou de contour irrégulier.

« Quand les cénobes sont mis en liberté à l'état incomplet, leurs cellules ne sont pas en contact très intime, et on peut les voir encore entourées de la gelée au moyen de laquelle leur expulsion a été facilitée. J'ai constaté, dans les cénobes 4-cellulaires, des cellules en voie de division donnant l'une un cénobe-fille à 4 cellules, la voisine un cénobe-fille à 8 cellules. Les familles 8-cellulaires que j'ai observées étaient toutes disposées par 7 + 1 cellules ».

On remarquera que l'auteur ne parle pas de vésicule entourant les cellules filles avant et pendant leur organisation en colonie, mais seulement d'une gelée.

J'ai observé, pour ma part, que les spores se présentent comme de petites masses vertes, plus ou moins anguleuses (4 angles), enfermées dans une vésicule, hors de la cellule mère (fig. 169); mais cette vésicule est appliquée sur les spores immobiles.

Source MNHN Paris

Je n'ai pas assisté à l'émission de la vésicule; je ne crois pas, cependant, qu'elle ait lieu à travers une fente de la paroi libre de la cellule mère, comme c'est le cas chez les autres espèces du genre: je n'ai jamais vu de fentes sur les cellules vides des cénobes de *P. Tetras*.

Je n'ai jamais observé, non plus, aucun mouvement propre des corpuscules verts; je ne crois pas qu'ils soient mobiles à aucun moment, bien que je n'aie pas eu l'occasion d'assister à l'émission elle-même, ni aux phénomènes qui la précèdent et la suivent immédiatement. *P. Tetras* formerait donc des *aplanospores*, et non des zoospores comme les autres espèces du genre. La multiplication se ferait suivant un mode intermédiaire entre celui de *P. Boryanum* et celui de *Scenedesmus quadricauda;* en particulier, la sortie des spores dans la vésicule gélatineuse aurait lieu comme la sortie de la colonie fille chez *Scenedesmus quadricauda*, par le bord externe libre de la cellule pour les cellules marginales, et par une déchirure suivant une ligne de suture pour les cellules du disque, la paroi supérieure étant soulevée comme un couvercle à charnière (ouverture en tabatière).

La vésicule est d'abord appliquée contre les spores, puis peu à peu se dilate (fig. 169) et disparaît: on distingue alors les incisions sur les jeunes cellules, qui viennent de se souder pour donner la nouvelle colonie.

RESUME

Dans le genre *Pediastrum*, le mode de multiplication asexuée est le même dans toutes les espèces, sauf peut-être chez *P. Tetras*. Il est caractérisé par l'organisation de la jeune colonie hors de la cellule mère, à l'intérieur d'une vésicule hyaline. Exceptionnellement, chez *P. Boryanum* (peut-être aussi chez les autres espèces, mais je ne l'ai pas constaté), dans des conditions très particulières, la multiplication par zoospores passe peu à peu à la multiplication par autocolonie. C'est ce dernier mode de multiplication qui se réalise peut-être aussi chez *P. Tetras*.

Source MNHN Paris

CHAPITRE DEUXIEME

REPRODUCTION ASEXUEE A PARTIR DE KYSTES

Les kystes et leur germination n'ont été observés par les auteurs antérieurs que chez *P. Boryanum* et *duplex*. CHODAT et HUBER (58) ont étudié la formation et le développement, en culture, des kystes de *P. Boryanum* et montré l'influence de la concentration du milieu sur leur formation; mais, au sujet de leur germination, ils se bornent à dire qu'elle a lieu, dans l'eau distillée, par gélification des parois, et que les zoospores s'organisent en une ou plusieurs colonies. PROBST (184) a décrit plus longuement le phénomène des colonies multiples chez *P. duplex*.

J'ai observé la formation et la germination des kystes chez *P. Boryanum*, *duplex*, *angulosum*, *biradiatum*, *simplex* et *Tetras*.

I. *P. Boryanum*

A l'état naturel, *P. Boryanum* peut s'enkyster, quand les conditions extérieures nécessaires à la multiplication végétative viennent à manquer: parmi celles-ci, nous le verrons plus loin, il y a un minimum de température, au-dessous duquel la végétation est très ralentie: il m'est arrivé, pendant l'hiver, de trouver, dans des dépôts provenant de l'étang du Jardin botanique de Tours, des colonies de *P. Boryanum* dont les cellules étaient vides, sauf une ou deux, qui, ayant continué à grossir, présentaient des parois renflées, avec un contenu très vert et une membrane épaisse, souvent échinulée.

En février 1929, pendant la période de grand froid, ces sortes de kystes se montrèrent plus fréquents sous la glace du bord, dans les vases, alors que *P. Boryanum* végétait encore activement en profondeur. DENIS (76, p. 95) avait déjà constaté que la vie des Algues vertes inférieures n'était pas toujours interrompue par le gel; il mentionne que PETIT a vu un *Hydrodictyon* pris dans la glace sans dommage. A la même époque, ayant exposé à la gelée des cultures riches en *P. Boryanum* dans des cristallisoirs de cinq litres pleins

Source : MNHN, Paris

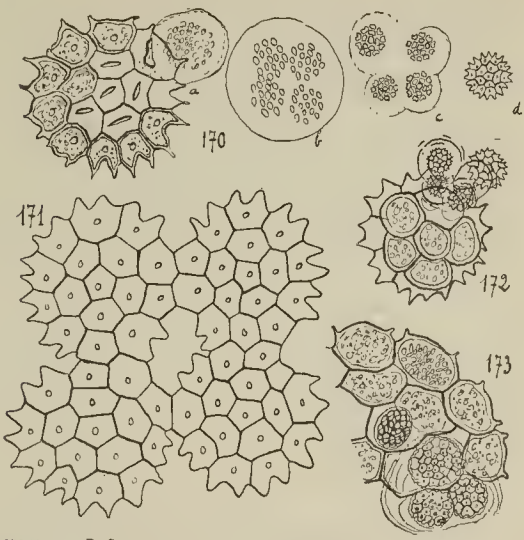


Fig. 170-173. — *P. Boryanum* × 500. — Kystes. Germination des kystes. — 170, Cultures (Jard. bot. de Tours); — 171, Cénobe composé, cultures (Jard. bot.); — 172, Récolte fraiche, Jard. bot. de Tours, février 1929; — 173, Cultures (Jard. bot., octobre 1929-Avril 1930).

d'eau, je retrouvai quelques cénobes plus ou moins enkystés dans le dépôt boueux, sous la masse de glace, au milieu des colonies vides ou décolorées. Ayant remis ces dépôts en culture dans de l'eau distillée à + 15°, je pus observer la germination de quelques kystes et constater cette nouvelle propriété des zoospores, signalée par Chodat (58) de se rassembler en 2 ou 4 colonies (fig. 170). Le fractionnement de la masse des zoospores ne se fait pas brusquement, mais progressivement. La vésicule une fois en liberté, les zoospores en mouvement forment une masse qui occupe la partie centrale; puis elles s'étalent sur un plan, et c'est alors qu'on voit apparaître 2 ou 4 colonies, qui peu à peu s'isolent l'une de l'autre. Il peut arriver qu'elles ne parviennent pas à une séparation totale: on a alors une véritable colonie composée (fig. 171).

Source MNHN Paris

Le mode de germination des kystes paraît assez variable; la sortie d'une vésicule par une fente, comme chez la cellule végétative, est un cas certainement exceptionnel: je ne l'ai vue qu'une fois. La germination a presque toujours lieu par gélification, partielle ou totale, des parois du kyste. La figure 172 montre une colonie à 16 cellules portant six kystes, formés par les six cellules du disque. En se développant, ils ont débordé sur le pourtour vide et l'ont partiellement recouvert. L'un de ces kystes germe, en donnant quatre colonies 16-cellulaires; il ne porte pas de fente et les parois, au moins les parties externes, n'en sont pas gélifiées; le bord externe est nettement visible; les colonies filles ont été mises en liberté par le soulèvement de la paroi supérieure: c'est l'ouverture en tabatière. Elles sont entourées chacune d'une auréole gélatineuse, qui rappelle la vésicule, mais qui m'en semble cependant différente: ses contours ne sont pas nets et je ne l'ai pas vue se dilater; mais elle m'a paru diffluer rapidement dans le milieu ambiant. La colonie de droite, plus avancée que les autres dans son développement, se trouve dégagée de la matière gélatineuse, qui ne l'entoure plus, alors que la vésicule entoure la jeune colonie dans le cas normal. Peut-être cette auréole gélatineuse joue-t-elle un rôle dans l'ouverture du kyste, qu'elle provoquerait par sa dilatation. En tout cas, la phase zoospore, si elle a eu lieu, a dû être courte; elle ne s'est pas prolongée après l'ouverture du kyste, puisque les colonies en sortent planes et organisées. Ce mode de multiplication rappelle un peu celui que Probst (184) a décrit pour les kystes de *P. duplex*: la séparation des colonies a eu lieu ici dans l'intérieur du kyste.

Enfin, la mise en liberté des colonies filles peut se faire par gélification totale des parois (fig. 173).

Ainsi *P. Boryanum* a la faculté de s'enkyster et le changement de forme consécutif à l'enkystement produit des formes semblables à la forme *integrum*. Cet enkystement résulte d'un retard dans la multiplication végétative (Chodat, 58, p. 11); il se produit quand les conditions de milieu nécessaires à la production de cette dernière viennent à manquer: parmi ces conditions, il faut noter, nous venons de le voir, une certaine température et une dilution assez grande des éléments nutritifs; il y en a peut-être d'autres que j'ignore. Je n'ai pas eu la chance de trouver à l'état naturel des kystes en grande quantité; il se pourrait que le *P. Pearsoni* de G. S. West (256, p. 79) ne soit pas autre chose que du *P. Boryanum*

Source MNHN, Paris

enkysté, par suite de conditions de milieu défavorables à la multiplication végétative.

La germination des kystes se fait comme chez *P. Boryanum*.

II. Chez les autres espèces

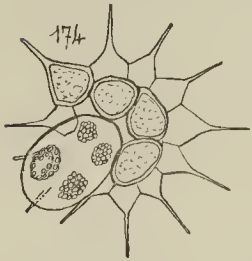


Fig. 174. — *P. simplex* × 500. — Kystes, germination (Loire, août-octobre 1930).

La figure 174 montre un cénobe de *P. simplex* dont les cellules marginales sont vides, sauf une, et dont les quatre cellules internes ont donné des kystes. L'un d'eux germe : la paroi se gélifie; les corpuscules se divisent en quatre groupes, qui donneront chacun une jeune colonie: on en voit une qui commence à s'organiser.

Chez *P. duplex*, l'enkystement paraît plus rare. J'ai cependant trouvé quelques colonies avec kystes pendant l'hiver, dans les vases de l'étang du Jardin botanique de Tours, alors que l'Algue ne végète plus dans le plancton. On peut aussi en trouver dans les vieilles cultures.

Probst (184) a montré que la concentration du milieu et son enrichissement en principes nutritifs favorisaient l'enkystement et que la reprise de la culture avec de l'eau de pluie provoquait la germination des kystes. Les figures 175 et 176 montrent tout ce que j'ai pu voir de la germination de ces kystes; dans la figure 175, on voit 2 masses de zoospores, non encore étalées, dans la même vésicule.

J'ai toujours vu une vésicule générale, mais jamais de vésicules secondaires autour des jeunes colonies, prenant naissance dans la vésicule générale. Cependant Probst qui a vu le phénomène des colonies multiples chez *P. duplex*, en culture pure, l'a décrit un peu différemment. Dans l'intérieur du kyste, au début de la germination, il a vu 4 masses protoplasmiques vertes, nettement séparées et entourées chacune d'une membrane d'abord protoplasmique, dit l'auteur, puis cellulosique; chaque masse verte donne un groupe de zoospores

Source MNHN Paris

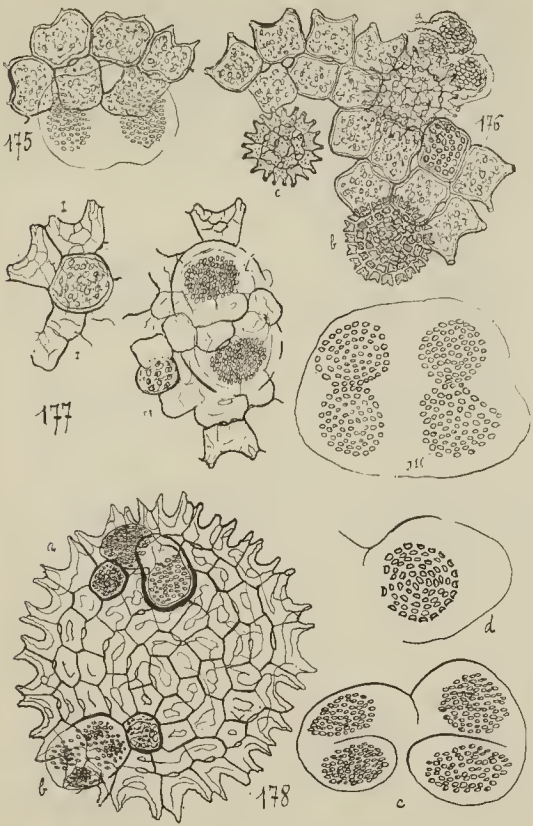


Fig. 175-178. × 500. — Kystes, germination. — 175, 176, *P. duplex*, Cultures (Jard. bot. de Tours, juillet-octobre 1930); — 177, 178, *P. angulosum*, Serrant (177, vieille culture; 178, récolte fraiche, Mai 1932).

Source MNHN Paris

et la membrane forme la vésicule, de sorte que l'on a finalement 4 groupes de zoospores renfermés chacun dans une vésicule : les 4 vésicules secondaires se trouvent ainsi contenues dans la vésicule générale, provenant de la gélification des parois du kyste. La séparation des colonies a donc lieu dans ce cas avant la formation des zoospores. Je n'ai pas vu ce cas chez *P. duplex*, ni chez *P. Borganum*, mais seulement la séparation des colonies après la formation des zoospores. Les zoospores, d'ailleurs, ne se séparent pas toujours : dans ce cas, on n'a qu'une colonie par kyste.

Quant au *P. angulosum*, j'ai pu voir deux fois la germination des kystes: dans la récolte du 17 juin 1930, le 1er juillet, et dans celle du 27 mai 1932, le 29 mai. Les kystes, ou aplanospores, avaient été signalés par Denis (76, p. 137, fig. 17); mais leur germination, à ma connaissance, n'avait pas été observée. La première fois, je n'ai pu voir la sortie de la vésicule (fig. 177): les zoospores étaient déjà hors de la cellule mère et groupées en deux masses, dans l'intérieur de la vésicule. La seconde fois, je trouvai deux kystes qui germaient dans une colonie 64-cellulaire, presque complètement vide (fig. 178). L'un d'eux avait acquis de grandes dimensions, il couvrait les cellules du rang externe, débordant jusque sur celles du pourtour; les parois étaient à demi gélifiées; la vésicule était en partie dégagée et les zoospores déjà groupées en deux masses, l'une restée dans le kyste, l'autre dans la partie de la vésicule dégagée (fig. 178 *a*). Cette dernière s'échappa du kyste complètement en une minute et aussitôt les zoospores en mouvement parurent divisées en 4 masses, séparées l'une de l'autre par des replis de la vésicule. Cinq minutes après, elles étaient étalées sur un plan, constituant 4 colonies à 64 cellules (fig. 178 *c*, *d*), semblables à la colonie mère; dans la première observation, le kyste avait également donné 4 colonies à 64 cellules, et la colonie mère était aussi à 64 cellules; ce cas doit être le plus fréquent; les deux kystes dont j'ai vu la germination contenaient donc, avant l'ouverture, 256 zoospores. Le mouvement des zoospores n'a pas duré plus de 5 à 7 minutes. La vésicule hyaline m'a paru, lors de la deuxième observation, comme divisée en quatre vésicules secondaires incomplètement closes (fig. 178 *c*), mais il ne m'a pas paru y avoir de vésicules secondaires distinctes de la vésicule générale, cas observé par Probst chez *P. duplex*.

P. biradiatum forme également des kystes comme les espèces précédentes. La figure 179 montre la germination d'un kyste: elle

Source MNHN Paris

a lieu par gélification des parois de la cellule enkystée; celle-ci s'accroît, recouvrant une partie du cénobe; puis on distingue, à travers la paroi, une masse de corpuscules verts en mouvement dans l'intérieur d'une vésicule. Ils s'organisent en deux ou quatre colonies.

On peut observer tous les passages entre la multiplication de la cellule végétative, avec sortie de la vésicule par une fente, et la germination du kyste par gélification de la paroi.

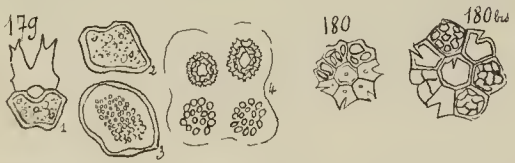


Fig. 179-180 *bis*. × 500. — Kystes, germination. — 179, *P. biradiatum*, (Serrant Juillet-septembre 1929); — 180, 180 bis, *P. Tetras* (180, Cultures, Jard. bot. de Tours, septembre 1930-mars 1931; — 180 bis, Jard. bot., boues fraiches).

Enfin, chez *P. Tetras*, dans les vieilles cultures, on voit quelquefois des cénobes avec cellules marginales à parois externes renflées; l'incision disparaît presque complètement, comme l'a indiqué Bernard (17, p. 95). Ce sont de véritables kystes. J'ai observé la division du contenu intérieur en plusieurs masses vertes; mais je n'ai pu suivre la sortie et l'organisation de la colonie fille. La figure 180 montre un commencement de multiplication, semblable à ce qu'on observe chez *Scenedesmus*.

La figure 180 bis a été prise sur un cénobe de *P. Tetras*, provenant de boues et examiné aussitôt après la récolte (printemps). Le cénobe renferme plusieurs kystes en germination: le bord externe de deux de ces kystes semble indiquer un commencement de gélification de la membrane.

Source MNHN Paris

RESUME

La multiplication par kystes diffère de la multiplication par division d'une cellule végétative par les caractères suivants :

1° le kyste a un volume beaucoup plus considérable que la cellule végétative; les dimensions des zoospores étant toujours les mêmes, il en résulte que la division du contenu de la cellule aboutit à la formation de zoospores en nombre toujours plus considérable que celui des cellules de la colonie mère.

2° le kyste peut produire une seule colonie fille, dont les cellules sont alors plus nombreuses que celles de la colonie mère: ce cas est le plus rare; plus généralement, il produit 2 ou 4 colonies filles dont les cellules sont en nombre égal ou inférieur à celui des cellules de la colonie mère.

3° Le mode de mise en liberté des colonies filles diffère presque toujours de celui qu'on observe dans la multiplication asexuée ordinaire: je n'ai vu qu'une fois, et chez *P. Boryanum* seul, la sortie d'une vésicule par une fente; ordinairement on observe soit la rupture de la paroi sur le bord libre (cellule marginale), ou sur la ligne de suture (cellule du disque), sous l'effort produit par la dilatation de la gelée interne, soit la gélification totale de la paroi du kyste.

Source MNHN Paris

QUATRIÈME PARTIE

DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE et ECOLOGIE des PEDIASTRUM

DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE DES PEDIASTRUM

Sur les huit espèces du genre, quatre sont universellement répandues et semblent partout également abondantes : *P. Boryanum, duplex, simplex, Tetras.* Des quatre autres, deux manquent ou sont très rares dans des régions étendues: *P. biradiatum* et *P. angulosum;* la troisième, *P. Kawraiskyi* a une aire de répartition limitée; quant à la dernière, *P. Braunii,* elle ne se trouve, au moins en Europe, que dans les tourbières du Nord et des hautes montagnes du Centre et du Midi.

A. PREMIER GROUPE. Espèces à répartition universelle :

P. Boryanum, duplex, simplex, Tetras

P. Boryanum

Espèce universellement répandue: des confins de la région arctique aux abords du continent antarctique, elle a été signalée sous toutes les latitudes; en France, et dans toute l'Europe tempérée, c'est l'espèce du genre la plus caractéristique du plancton des rivières, des étangs, des mares: les algologues la mentionnent partout.

Source MNHN Paris

Région arctique: 10, 34, 35, 60, 131, 193, 275, 280.

Scandinavie, Russie, Régions baltiques : 25, 26, 32, 38, 41, 42, 43, 49, 126, 139, 153, 157, 158, 162, 180, 181, 194, 195, 199, 209, 213, 214, 216, 219, 241, 243, 244, 253, 276, 293.

Europe centrale et méridionale, Açores, Madère: 7, 12, 55, 109, 114, 121, 178 bis, 204, 209, 212.

Asie: 220 à 234, 48, 78, 80, 100, 144, 150, 166, 167, 174, 178, 182, 240, 251, 267, 278, 287, 288.

Amérique du Nord : 34, 234, 235, 261, 286.

Amérique du Sud et Amérique Centrale : 31, 33, 36, 128, 129, 136, 151, 274.

Afrique : 30, 40, 82, 86, 87, 90, 111, 112, 130 168, 173, 191, 200, 201, 254, 256, 262, 263, 282.

Océanie, Australie : 17, 28, 53, 121, 163, 164, 169, 170, 272, 277, 281.

Région antarctique : 6, 31, 52, 85, 192, 279.

P. Boryanum est l'espèce du genre la plus répandue dans les régions australes. Il n'a pas été rencontré sur les bords du continent antarctique, ni sur la terre de Graham, ni dans les Orcades du Sud (Expéditions Charcot et O. Nordenskjold : Documents scientifiques); mais il est signalé dans la Géorgie du Sud par Carlson (52) et Reinsch (192), en compagnie de *P. duplex*. Fritsch (85, p. 293 et 294) note l'absence de formes cosmopolites dans les Orcades du Sud : *Pediastrum, Scenedesmus, Cosmarium, Closterium,* mais rappelle que *P. Boryanum* se trouve dans la Géorgie du Sud et aux Kerguelen. Wille (279) signale *P. Boryanum* aux Iles Kerguelen.

Enfin *P. Boryanum* parait avoir été l'espèce la plus abondante dès l'époque post-glaciaire; en effet Steinecke (238) et Borge (27) le signalent comme abondant dans les tourbières fossiles post-glaciaires de l'Allemagne du Nord et de l'île Gothland; les autres espèces *P. duplex, P. angulosum* sont beaucoup plus rares :

En résumé, *P. Boryanum* (Turp.) Men. est l'espèce du genre la plus répandue et sans doute la plus ancienne; on la trouve dans toutes les masses d'eau comportant un milieu planctonique, dans tous les pays du monde, sous toutes les latitudes, à toutes les altitudes. Et si *P. Boryanum* se multiplie presque uniquement pendant l'été dans les régions tempérées, il se maintient souvent très abondant pendant l'hiver au moins dans certaines stations, où il reste vert même sous la glace, montrant ainsi une grande résistance au froid. C'est égale-

Source MNHN Paris

ment l'espèce qui se développe le mieux en culture et c'est enfin une des plus polymorphes. Elle a une grande plasticité et une grande résistance: c'est le type de l'espèce à la fois eurytope et eurytherme.

P. duplex, simplex, Tetras

Ces trois espèces accompagnent presque partout *P. Boryanum*. Cependant, les deux premières manquent dans la région arctique : ni Bachmann (10), ni Borge (35), ni Lagerheim (131), ni Wille et Rosenvinge (280) ne les ont rencontrées. De même, dans la région antarctique, on n'a trouvé que *P. duplex* et *P. Tetras*, le premier seulement dans la Géorgie du Sud (Carlson, 52; Reinsch, 192), le second aux îles Kerguelen (Wille, 279; Archer, 6). Au contraire, dans les régions tropicales, *P. duplex* et *simplex* sont plus souvent mentionnés que *P. Boryanum;* ainsi Van Oye (172) ne mentionne que *P. duplex, simplex, Tetras*, dans sa liste des *Algues du Congo Belge*, et Borge (30) ne cite pas *P. Boryanum* dans sa liste des Algues d'eau douce des régions tropicales et subtropicales.

B. DEUXIEME GROUPE. Espèces à répartition limitée

P. biradiatum

Espèce très rarement signalée en France : environs de Falaise (de Brébisson, 46), canal de Roubais (Schodduyn, 202).

En Europe, on la rencontre presque partout; mais alors que *P. Boryanum, duplex, Tetras* se trouvent dans toutes les stations d'une région donnée, *P. biradiatum*, comme *P. simplex*, ne végète que dans quelques-unes.

Allemagne: 118, 153, 139, 162; *Angleterre et Irlande:* 257, 260, 266; *Belgique:* 102; *Bulgarie:* 178 bis; *Etats Baltes:* 92, 213, 214; *Danemark :* 253; *Finlande :* 53 bis; *Norvège :* 180, 243; *Pologne :* 98, 187; *Suède:* 32, 38, 126; *Suisse:* 55, 270; *Roumanie:* 246; *Russie:* 24, 26, 157; *Amérique du Nord:* 235; *Amérique du Sud:* 73; *Afrique:* 82, 172; *Asie:* 182, 220, 221, 223, 231.

Source MNHN Paris

P. angulosum

Espèce aussi rare que *P. biradiatum*, mais cependant plus souvent signalée, en France, que cette dernière.

France: 69, 70, 71, 72, 76, 77; *Europe:* 38, 153, 162, 180; *Amérique du Nord:* 235; *Asie septentrionale:* 220.

Des huit espèces du genre, c'est la moins souvent signalée, dans l'Asie centrale et septentrionale, par Skvortzow.

P. angulosum n'a pas encore été, à ma connaissance, rencontré dans l'hémisphère sud.

L'espèce est probablement confondue avec *P. Borganum* par certains auteurs.

P. Braunii

Espèce arcto-alpine, peu répandue en Europe; elle paraît plus fréquente dans l'Asie septentrionale et centrale.

France : 69, 72, 74 (Alpes et Pyrénées); *Europe :* l'espèce est surtout répandue en *Ecosse, Suède, Norvège, Finlande, Russie du Nord,* dans les lacs, tourbières, ruisseaux des hautes vallées. Au sud de la Baltique, on ne la trouve que dans les montagnes;

Europe du Nord : 25, 35, 53 bis, 180, 243, 244, 260, 266; *Europe du Centre et du Midi :* 94 bis, 178 bis, 197, 246, 11, 55, 244; *Asie :* 221, 222, 231.

P. Kawraiskyi

C'est la moins répandue des huit espèces de *Pediastrum* et elle est rarement abondante.

En *France,* la seule station signalée jusqu'à ce jour est celle de l'Etang de Serrant (19), à Saint-Georges-sur-Loire (Maine-et-Loire); elle y est presque aussi abondante que *P. simplex,* sans l'être autant toutefois, et de beaucoup, que *P. Borganum, angulosum* et *duplex.*

Dans le reste de l'Europe, *P. Kawraiskyi* n'est guère signalé, mais alors assez fréquemment, que dans les listes floristiques concernant les régions qui touchent à la *mer Baltique:* Allemagne du Nord (1, 118, 120, 134, 137, 138, 142, 143, 148, 153, 162, 179); Danemark (253); Scandinavie (37, 141, 180); Russie (157, 216); Lettonie

Source MNHN Paris

(92, 213, 214). Brutschy (51, p. 102) donne bien le nom de *P. Kawraiskyi* dans une liste d'Algues du val Piora, en Suisse; mais il n'insiste pas sur ce fait intéressant et il ne donne ni description, ni figure de l'organisme qu'il attribue à cette espèce.

En *Asie, P. Kawraiskyi* semble atteindre une plus large distribution: depuis le *Caucase,* qui a fourni les récoltes de Kawraisky, dans lesquelles Schmidle (198) a découvert et créé la nouvelle espèce, — même dans cette région originelle de l'espèce, elle ne doit pas être très commune, car on ne la retrouve pas dans les listes de Woronichin (278, 288), qui s'est spécialement occupé des Algues du Caucase —, jusqu'au bassin de l'*Amour,* en passant par le *Pamir* et le lac *Zaisan* (178, 78, 182, 220, 222, 231, 233, 234) : la plus grande part de ces découvertes est due à Skvortzow.

De sorte que, dans l'*Eurasie,* il semble exister deux *centres* importants *de distribution* de *P. Kawraiskyi :* le pourtour de la *Baltique* et l'*Asie centrale.*

En dehors de l'Eurasie, les seules mentions que je trouve de *P. Kawraiskyi* sont celles de Smith (235), qui le signale comme très rare dans trois stations du Wisconsin, en *Amérique du Nord,* et de Bachmann (10), qui le donne comme accessoire dans un lac de la côte orientale du *Groenland.*

Source : MNHN Paris

CHAPITRE DEUXIEME

DISTRIBUTION DES PEDIASTRUM *EN ANJOU ET EN TOURAINE*

La constitution d'un milieu planctonique exige une masse d'eau assez considérable pour qu'il y ait une zone pélagique et une zone néritique. Les *Pediastrum*, organismes planctoniques, vivent et se multiplient dans la première. On les trouve aussi dans la seconde, fixés sur le fond, les pierres, les feuilles immergées; mais dans les petites mares, les fossés, marécages, en général dans les masses d'eau trop petites pour comporter des zones pélagique ou limnétique distinctes, les *Pediastrum*, du moins les principales espèces du genre, sont généralement absents.

Cette observation s'accorde avec celle d'Allorge (2, p. 621), qui a remarqué la disparition des *Pediastrum* dans les mares et fossés tourbeux en plaine (association à *Scirpus fluitans* et à *Potamogeton polygonifolius*). De même, pour Chodat (54, p. 49), les *Pediastrum*, les *Scenedesmus* et les *Coelastrum* (du moins les espèces communes), caractérisent le plancton des étangs et non celui des grands lacs; il leur faudrait, d'après lui, une quantité de matières organiques supérieure à celle que l'on trouve en dissolution dans l'eau des grands lacs; en effet, les eaux des étangs, moins agitées et moins aérées que celles des lacs, sont plus riches en matières organiques dissoutes et, le plus souvent, contiennent outre de l'azote nitrique, de l'azote nitreux et de l'azote amoniacal, qui la plupart du temps, manquent dans l'eau des grands lacs. D'après Chodat, *Pediastrum*, *Scenedesmus* et *Coelastrum* seraient caractéristiques du plancton limnétique, ou plancton des étangs, par opposition au plancton pélagique, ou plancton des grands lacs (fig. 181). Wesenberg-Lund (253, p. 23 du résumé en Anglais) dit, lui aussi, que les *Pediastrum* de la région pélagique sont importés, mais que *P. Boryanum* est surtout abondant près des rives, tandis que *P. simplex* domine vers la région pélagique. Naumann (161, p. 300) classe

Source MNHN Paris

les *Pediastrum* dans les organismes des lacs eutrophes, avec *Cœlastrum, Scenedesmus, Dictyosphœrium.*

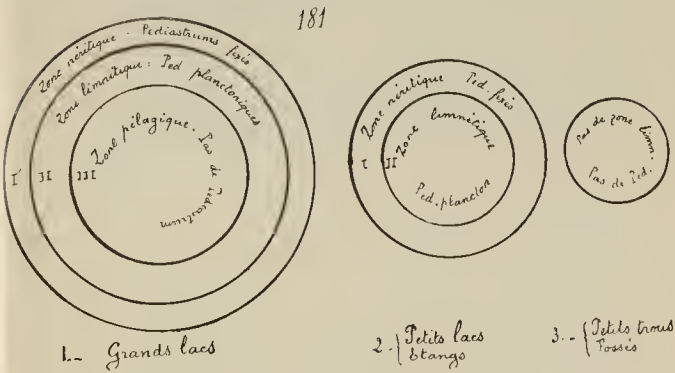


Fig. 181. — Distribution des *Pediastrum* dans les diverses masses d'eau.

Les milieux planctoniques aux environs de Tours sont assez variés: d'abord un grand fleuve, la Loire, à cours rapide pendant l'hiver et le printemps, souvent transformé, de juillet à octobre, en une suite de cuvettes isolées, plus ou moins profondes, où quelques Protococcacées, parmi lesquelles des *Pediastrum,* végètent en grande abondance. Ensuite, deux rivières, l'Indre et le Cher, cette dernière importante, avec un plancton riche en nombreuses espèces de Chlorophycées; en amont de Saint-Avertin, le barrage de l'usine hydraulique établit à la belle saison un régime de petit lac: courant très faible, profondeur allant jusqu'à 4 mètres. On y trouve en septembre surtout, *P. Boryanum, duplex, Tetras* et *simplex.* J'y ai récolté deux fois *P. biradiatum.*

Les étangs et les grandes mares ne manquent pas, mais sont en général peu profonds et, sauf l'étang du Lonroux, peu étendus. Ils sont souvent mal aérés et les eaux sont riches en matières organiques.

Source : MNHN, Paris

On ne trouve ni en Anjou, ni en Touraine, de grands lacs, aux eaux claires, agitées et profondes, pas plus que de véritables tourbières; nous avons bien des formations marécageuses dans la large vallée commune de la Loire et du Cher, mais elles se dessèchent souvent l'été, au moins en partie, et je n'y ai jamais trouvé de formes de *Pediastrum* différentes de celles que la Loire et le Cher m'ont fournies.

Par rapport à leur distribution, dans la région que j'ai étudiée, on peut distinguer plusieurs groupes de *Pediastrum* :

I. — Espèces plus ou moins *ubiquistes* :

A. Espèces se rencontrant dans presque *toutes les masses d'eau*, même de faible importance: *P. Tetras*, *P. Boryanum*, *P. duplex;*

B. Espèce vivant dans toutes les *masses d'eau importantes* seulement : *P. simplex.*

Au point de vue des exigences de ces quatre espèces, les plus communes partout, concernant l'étendue en surface de la masse d'eau habitée, — ou, ce qui revient sensiblement au même, l'oxygénation et la minéralisation de l'eau —, je n'hésite pas à établir la graduation suivante :

P. Tetras, P. Boryanum, P. duplex, P. simplex

P. Tetras se rencontre jusque dans les plus petites mares et dans les fossés; c'est aussi la moins planctonique des quatre, caractère écologique en relation avec ses petites dimensions, le faible développement des appendices du pourtour et, peut-être aussi, avec son mode particulier de multiplication. *P. Boryanum,* avec son disque plein, est moins bien adapté à la vie pélagique que *P. duplex,* avec ses cénobes clathrés. C'est seulement dans les grands étangs qu'on rencontre des populations fournies de *P. simplex;* c'est aussi l'espèce qui, avec ses grandes lacunes, ses longues et fines pointes radiantes, présente, du moins dans la région pélagique de ces stations, l'adaptation la plus poussée au flottement.

Source : MNHN, Paris

2. — Espèces se rencontrant seulement dans quelques *stations isolées:*

P. Kawraiskyi, P. angulosum, P. biradiatum

Ces trois espèces n'ont jamais été rencontrées jusqu'ici, en Anjou, que dans une unique station, l'Etang de Serrant, où elles sont accompagnées, d'ailleurs, des quatre premières. *P. angulosum* y est aussi abondant que *P. Boryanum* et *P. duplex*; les deux autres sont beaucoup moins abondantes.

P. angulosum et *P. biradiatum* ont une aire générale de distribution fort étendue: il est difficile d'expliquer leur cantonnement, limité à de très rares stations, autrement que par des exigences plus étroites concernant certaines propriétés chimiques de l'eau, qui seraient à préciser.

Le cas de *P. Kawraiskyi* me paraît encore plus mystérieux. A considérer sa distribution générale, dans l'Eurasie, autour de deux centres principaux, on serait tenté de croire à des difficultés spéciales de dissémination pour cette espèce; mais ces difficultés ne ressortent pas particulièrement du mode d'organisation des cénobes. Si l'on tient compte, par ailleurs, du fait que *P. Kawraiskyi* est l'espèce du genre qui supporte le mieux une salure modérée de l'eau et que les centres de distribution (région Baltique, Asie centrale) présentent souvent des eaux plus ou moins saumâtres, on pourrait croire que cette espèce préfère des milieux plus salés que ne le sont les eaux douces ordinaires. Ni l'une, ni l'autre de ces hypothèses n'expliquent sa présence à Serrant, à des centaines de kilomètres de la station baltique la plus rapprochée, dans une eau de minéralisation inférieure à la moyenne (voir plus loin, p. 162); à moins qu'on n'attribue à la teneur de l'eau en fer, abondant à Serrant, l'importance que lui a reconnue Uspenski (251 bis) dans l'écologie des Algues: on expliquerait ainsi, en même temps, la présence à Serrant de trois espèces très rares et l'extraordinaire abondance des *Pediastrum*, tous présents à Serrant.

Si l'on considère la morphologie de ces trois espèces rares, *P. Kawraiskyi* présente une adaptation relativement faible à la vie planctonique : disque plein, contour des cénobes et étalement en surface souvent irréguliers, pointes à direction désordonnée, sans relation avec le plan du cénobe, membranes épaisses; à ce point de

Source MNHN Paris

vue, *P. Kawraïskyi* se place à peine au-dessus de *P. Tetras*. La capacité de flottement de *P. angulosum* est du même ordre que celle de *P. Boryanum:* les pointes sont moins développées, mais la surface du cénobe est, en moyenne, plus grande. *P. biradiatum*, au contraire, avec son disque largement clathré et ses pointes bifides, prend rang entre *P. duplex* et *P. simplex*.

La huitième espèce du genre, *P. Braunii*, que je rappelle ici pour être complet, est une espèce arcto-alpine, dont la distribution géographique est en relation avec la température moyenne de l'eau. Sa capacité de flottement, en relation avec ses stations préférées, les tourbières de montagne, est des plus réduites : faible surface, irrégularité du plan d'étalement des cénobes, forte réduction des appendices marginaux; elle est à peine égale à celle de *P. Tetras*.

Source MNHN Paris

CHAPITRE TROISIEME

LIEUX DE MULTIPLICATION ET DE DEVELOPPEMENT DES PEDIASTRUM

L'étude que je poursuis depuis cinq ans sur les *Pediastrum* m'a amené à les considérer comme des organismes planctoniques, c'est à dire vivant et se multipliant dans le plancton, mais pouvant aussi se développer à l'état benthique.

J'ai d'abord recherché les *Pediastrum* non seulement dans les récoltes de plancton faites au filet fin, mais aussi dans les matériaux provenant des fossés, des petits trous d'eau, des vases, du grattage des pierres et des feuilles immergées, des rochers humides.

L'expérience m'a montré que les pêches de plancton étaient de beaucoup les plus riches en *Pediastrum*, qu'elles en contenaient toujours, tandis qu'ils ne figuraient qu'exceptionnellement dans les matériaux de fond. Dans ce dernier type de stations, je n'ai trouvé en abondance que *P. Tetras* et *P. Boryanum*; *P. duplex* et *P. simplex* s'y sont montrés quelquefois en petite quantité; mais je n'y ai jamais rencontré *P. biradiatum*, *angulosum* et *Kawraiskyi*.

D'autre part, dans un grand étang, riche en *Pediastrum*, la pêche au filet fin donne des *Pediastrum* en quantité comparable à celle des organismes que tout le monde regarde comme planctoniques: *Asterionella*, *Melosira ambigua*, *Microcystis*, etc., sans compter les Crustacés, les Rotifères, tandis que les organismes franchement fixés et arrachés de leur support sont presque complètement absents : *Cymbella*, *Synedra*, etc. On peut récolter ces derniers sur les bords, avec les Algues filamenteuses; mais, dans ces récoltes, les *Pediastrum* manquent ou sont rares; si par hasard on en trouve en abondance relative, on a une forme différente des formes flottantes de la station.

En plus de ces faits, on peut invoquer, à l'appui de cette manière de voir, la forme et la constitution de la colonie: elle est étalée sur un plan, les cellules sont aplaties; celles du pourtour

Source MNHN Paris

portent des pointes, celles du disque laissent souvent entre elles des méats; dispositions qui constituent une adaptation au flottement.

On peut en dire autant de la multiplication asexuée : nous avons vu qu'elle était caractérisée par l'organisation de la jeune colonie hors de la cellule mère, dans l'intérieur d'une vésicule hyaline: ce mode de multiplication paraît adapté à la vie planctonique. La colonie fille n'alourdit pas la colonie mère par son développement dans l'intérieur d'une cellule. La vésicule hyaline, très légère, flotte naturellement et maintient en contact les zoospores; elle disparaît après la disposition sur un plan et la soudure de ces dernières, c'est à dire quand son rôle est terminé: à ce moment, la jeune colonie est formée, bien plane et capable de flotter.

Les *Pediastrum*, en fait, se multiplient abondamment dans la zone du plancton : je l'ai constaté pour *P. Boryanum*, *duplex*, *angulosum*. *P. Boryanum*, qui végète toute l'année dans le petit étang du Jardin botanique de Tours, devient prédominant tout-à-coup au printemps, fin avril ou début de mai. En 1929, j'ai assisté pour ainsi dire, à l'envahissement des couches supérieures de l'eau par les jeunes colonies: ayant trouvé, dans la pêche du 29 avril, un grand nombre de jeunes colonies, je fis des récoltes pendant 4 ou 5 jours de suite, de bonne heure le matin; j'examinais les récoltes aussitôt après le dépôt du plancton au fond du flacon: dans toutes les préparations, je trouvais des cénobes en voie de multiplication: certains portaient jusqu'à 8 ou 10 vésicules ou jeunes colonies déjà organisées. Une multiplication aussi rapide apparaissait donc bien comme la cause de la prédominance quasi subite de *P. Boryanum* dans le plancton.

Les *Pediastrum* se multiplient aussi à l'état benthique; mais, chez *P. Boryanum* et *P. duplex*, je n'ai observé, dans ce cas, que la multiplication par kystes. Au contraire *P. Tetras* paraît se multiplier activement sur les feuilles et les pierres immergées du bord. En août 1930, dans le petit étang du Jardin de Tours, j'ai recueilli, sur une feuille immergée, un enduit vert constitué par des *Scenedesmus*, *Coelastrum microporum* et une grande quantité de colonies très jeunes de *P. Tetras* avec, çà et là, quelques grosses colonies vides (fig. 100).

Source : MNHN, Paris

CHAPITRE QUATRIEME

INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LE DEVELOPPEMENT DES PEDIASTRUM

Le plus important des facteurs physiques ayant une influence sur la nature et le développement du plancton, c'est la température de l'eau. Dans l'étang du Jardin de Tours, la température, dans les couches supérieures de l'eau, a varié de 0° à 29°, au cours des années 1927, 1928, 1929, 1930 et 1931. De novembre à mars inclusivement, elle est ordinairement inférieure à 10°. En avril, elle dépasse 10°, mais se tient au-dessous de 20° jusqu'en juillet. Juillet et août forment la période des grandes chaleurs (28-29° en 1928 et 1929). En septembre et octobre la température varie de 20 à 10°. En résumé, on peut diviser l'année en quatre périodes: une période de basse température de novembre à mars; deux périodes de température moyenne: avril-juin et septembre-octobre, et une période de haute température: juillet-août.

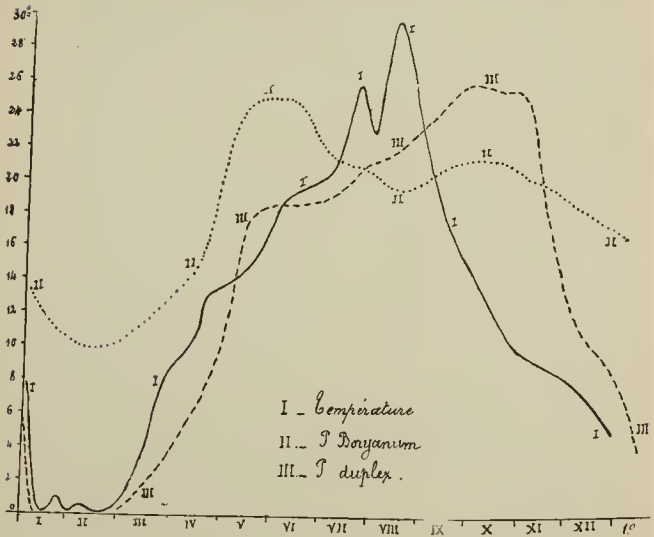
Comme toutes les Chlorophycées planctoniques, les *Pediastrum* végètent surtout d'avril à novembre, c'est-à-dire quand la température de l'eau dépasse 10°, mais on peut trouver certaines espèces, *P. duplex*, *Boryanum*, *angulosum*, abondantes pendant l'hiver dans certaines stations, ce qui prouve que la température n'est pas le seul facteur qui règle les périodes de végétation de ces espèces; seulement on ne rencontre guère que des cénobes adultes, très peu de jeunes colonies: la multiplication végétative des *Pediastrum* est donc toujours nulle ou très peu active dans la zone du plancton pendant l'hiver.

Les observations que j'ai faites dans l'étang du Jardin botanique de Tours me permettent de donner quelques précisions en ce qui concerne *P. Boryanum*:

1° Pour que la multiplication devienne active, dans le plancton, il faut que la température de l'eau ne descende pas le matin au-dessous de 11-12°, l'optimum de température paraît être 14-15° et 12 est un minimum (courbe 5). Alors *P. Boryanum* devient prédominant en quelques jours,

Source MNHN Paris

2° Quand la température dépasse 20°, la multiplication se ralentit, les colonies grossissent et les granulations apparaissent sur les cellules: *P. Boryanum* devient moins abondant (courbe 5). 20° n'est pas un maximum mais un point critique, au-dessus duquel la végétation de l'algue se ralentit. A l'automne, quand la température se maintient de nouveau vers 15°, *P. Boryanum* végète activement dans certaines stations, particulièrement dans la Loire et le Cher (période des basses eaux) et repasse par un maximum dans l'étang du Jardin de Tours (courbe 5).



Courbe 5. — Variation saisonnières de *P. Boryanum* (II) et *P. duplex* (III); (I), courbe des températures.

P. duplex se comporte vis à vis de la température comme *P. Boryanum*. Dans l'étang du Jardin botanique de Tours, sa végétation au printemps est bien moins active, mais, à l'automne, il domine à peu près aux mêmes températures que *P. Boryanum* au printemps, de 22° à 10° (courbe 5).

Source MNHN Paris

CHAPITRE CINQUIEME

INFLUENCE DES MATIERES DISSOUTES DANS L'EAU SUR LA PRESENCE ET LE DEVELOPPEMENT DES PEDIASTRUM

On trouve, en Anjou et en Touraine, des formations d'eau douce, semblables par l'étendue, la profondeur, l'agitation et l'aération de la masse d'eau, mais abritant, à la belle saison, des planctons différants quant aux Chlorophycées prédominantes. Il y a des stations qui donnent des planctons à Desmidiées, d'autres des planctons à Protococcacées; dans les premières, prédominent les espèces des genres *Cosmarium, Staurastrum, Closterium, Arthrodesmus*, etc.; dans les secondes, les *Pediastrum, Scenedesmus, Coelastrum* sont particulièrement abondants.

J'ai cherché à savoir si la nature et la quantité des substances dissoutes n'avaient pas une influence sur la présence ou l'absence, sur la rareté ou l'abondance des *Pediastrum*, dans un milieu donné. Voici quelques observations sur ce sujet :

I. ETANG DE SERRANT

Cet étang est, dans l'état actuel de mes recherches, la station la plus riche en *Pediastrum* de toute la région: les sept espèces européennes des plaines s'y rencontrent: *P. Boryanum, angulosum, duplex, simplex, Tetras, biradiatum, Kawraiskyi*. Pendant toute l'année *angulosum, duplex* et *Boryanum* sont extrêmement abondants et nettement prédominants. *P. simplex* devient commun pendant la belle saison; *P. Tetras* est fréquent. En 1929, *P. biradiatum* et *Kawraiskyi* ont été communs; *P. Kawraiskyi* se montra de nouveau abondant en avril 1931. Le genre *Coelastrum* est représenté par une espèce extrêmement abondante et peu connue ailleurs dans la région, le *Coelastrum reticulatum* (Dang.) Senn. Les Desmidiées sont beaucoup plus rares.

Source MNHN Paris

Voici les résultats de l'analyse de l'eau de l'étang: Prélèvement: 17 juin 1930, crue, $pH = 7.4$.

I. *Hydrotimétrie :*

Degré hydrotimétrique total	8
« « permanent	7
« « après ébullition et précipitation de Ca par l'oxalate d'ammonium	1
« « après élimination de Ca par l'oxalate	1

II. *Eléments minéraux :*

résidu sec	par litre	260 mg
perte au rouge	—	145 mg
résidu à la calcination	—	115 mg
CO^2 libre	—	traces
CO^3Ca	—	10 mg
$Si\ O^2$	—	2 mg 51
Fe	—	2 mg 98
$Al^2\ O^3$	—	traces
Ca (total en CaO)	—	27 mg 2
Mg (total en MgO)	—	8 mg 2
Bases alcalines	—	10 mg 6
Sulfates en SO^3	—	19 mg 27
P (acide phosphorique)	—	traces
Chlorures (en Nacl)	—	54 mg 75

III. *Azote et matières organiques :*

Matières organiques en oxygène (de MNO^4K)	par litre	9 mg 60
Matières organiques en acide oxalique	—	70 mg
Azote ammoniacal	—	0 mg 21
Azote albuminoïde	—	0 mg 62
Azote nitreux	—	traces
Azote nitrique	—	néant

Source MNHN Paris

IV. *Examen du sédiment :*

Au bout de quelques jours, l'eau filtrée a laissé un dépôt léger, peu abondant, ocreux. Calciné avec NO^3H et repris par HCl à 10 %, ce dépôt donne un soluté qui, concentré, donne les réactions des sels ferriques.

Conclusions :

1° Eau très faiblement minéralisée, renfermant un *gros excédent* de matières organiques, avec des taux élevés d'ammoniaque et d'azote albuminoïde.

2° Ce sont peut être les sels ammoniacaux et les matières albuminoïdes qui communiquent à l'eau un *pH* (7,4) légèrement alcalin; en effet, les proportions relatives des principaux constituants minéraux indiquent un *pH* acide : teneur élevée en HCl, moyenne en NaOH, très faible en CaO et MgO.

3° Il faut aussi signaler la faible proportion de CO^3Ca et de CO^2, libre et combiné : le degré hydrotimétrique permanent est sensiblement égal au degré hydrotimétrique total.

4° Présence du *fer* en léger excès: eau *légèrement ferrugineuse.* L'eau filtrée, acidulée, concentrée, ne donne pas les *réactions des sels ferriques* (ferrocyan.K ou sulfocyan.NH^4); pour déceler ce fer et le doser, il faut évaporer à sec, calciner avec NO^3H pour détruire la matière organique, et reprendre par HCl étendu; la liqueur obtenue donne alors les réactions des sels ferriques. Le fer est donc fixé sur les matières organiques et non à l'état de sel minéral.

L'eau *filtrée* est légèrement jaunâtre; au bout de deux ou trois jours, elle abandonne dans les bouteilles un dépôt léger ocreux: ce dépôt contient la majeure partie du fer.

Si l'on veut, d'après ces résultats, classer l'eau de l'étang, suivant Naumann (161), on remarquera que par le gaz carbonique elle se place dans les eaux oligotrophes; par la chaux et le pH, dans les eaux mésotrophes; par les matières organiques, dans les eaux polytrophes.

D'autre part, on sait que les eaux de source contiennent toujours une quantité plus ou moins forte de calcaire précipitable à l'ébullition: les eaux de la Loire, du Cher, de l'étang du Jardin botanique de Tours se comportent, sous ce rapport, comme les eaux de source; au contraire, l'eau de l'étang de Serrant ne contient

Source : MNHN, Paris

pas de calcaire précipitable à l'ébullition. Sa faible minéralisation et sa richesse en matières organiques la rapprochent des eaux d'origine externe, provenant du sol par *ruissellement*.

II. PETIT ETANG DU JARDIN BOTANIQUE DE TOURS

Cette station m'a fourni cinq espèces du genre *Pediastrum : Boryanum, duplex, Tetras, simplex, biradiatum*. La première est prédominante en mai et juin; la deuxième, commune à la belle saison : la troisième, rare mais constante; les deux dernières, rares et très inconstantes. *Scenedesmus quadricauda* est toujours fort abondant et *Coelastrum microporum* quelquefois dominant à la belle saison. Les Desmidiées sont très mal représentées : on ne trouve que quelques espèces des genres *Staurastrum, Closterium, Cosmarium*, toujours rares. Voici les résultats de l'analyse de l'eau :

Prélèvement : 30 décembre 1929, $pH = 7,5$.

I. *Hydrotimétrie :*

Degré hydrotimétrique total	17
« « permanent	6
« « après ébullition et élimination de Ca par l'oxalate d'ammonium	3
« « après précipitation de Ca par l'oxalate	7

II. *Eléments minéraux :*

résidu sec	par litre	270 mg
perte au rouge	—	90 mg
résidu à la calcination	—	180 mg
CO^2	—	14 mg
CO^3Ca	—	90 mg
Fe	—	1 mg
$Si\ O^2$	—	traces
Ca (total en CaO)	—	46 mg
Mg (total en MgO)	—	36 mg
Bases alcalines en NaOH	—	18 mg
Sulfates en SO^3	—	19 mg
Chlorures en NaCl	—	36 mg 5
P (acide phosphorique)	—	traces

Source MNHN Paris

III. *Azote et matières organiques :*

Matières organiques en O de MnO^4K.....	—	4 mg 7
Matières organiques en acide oxalique.....	—	40 mg
Nitrates	—	traces
Nitrites	—	traces
Ammoniaque	par litre	traces

Conclusions :

1° Cette eau est plus minéralisée que celle de Serrant.

2° Elle contient surtout une forte partie de la chaux et de la magnésie à l'état de carbonates, dissociables par ébullition.

3° Elle est moins riche en matières organiques dissoutes.

La station donne beaucoup moins de *Pediastrum* que celle de Serrant. L'eau contient plus de Ca, sans toutefois appartenir aux eaux calcaires.

Quelles relations y a-t-il entre la composition spéciale de l'eau de l'étang de Serrant et la grande quantité de *Pediastrum* qui y vivent ? La présence, en abondance, des espèces peu répandues, comme *P. angulosum, biradiatum* et surtout *Kawraiskyi,* tient-elle aux éléments chimiques de l'eau, à leurs proportions respectives ?

L'analyse suivante, comparée à celle de l'eau de l'étang de Serrant, montre, je crois, le rôle de l'élément minéral relativement à la présence, dans une station, des espèces rares du genre *Pediastrum* et à l'abondance des autres. L'eau provient de *l'étang de Chevigné, voisin de l'étang de Serrant* et semblable à lui par la profondeur et l'étendue de la masse d'eau. A Chevigné ne végètent que *P. Boryanum, duplex,* généralement abondants, et *P. simplex, Tetras,* plus ou moins rares. *P. Kawraiskyi, angulosum, biradiatum,* si communs à Serrant, ne s'y sont jamais montrés.

ETANG DE CHEVIGNE (M.-et-L.)

30 juin 1932; $pH = 7,5$

I. *Hydrotimétrie :*

Degré hydrotimétrique total.....	16
« « permanent	9
« « après élimination de Ca par l'oxalate d'ammoniaque	8

Source MNHN Paris

« « après ébullition et précipitation de Ca par l'oxalate d'ammoniaque		5

II. *Éléments minéraux :*

résidu sec	par litre	250 mg
perte au rouge	—	100 mg
résidu fixe	—	150 mg
CO^2	—	15 mg
CO^3Ca	—	70 mg
SO^4Ca	—	14 mg
MgO	—	46 mg
Fe	—	traces
$Si\ O^2$	—	9 mg
Chlorures (en Nacl)	—	58 mg

III. *Azote et matières organiques :*

Matières organiques en oxygène (de MNO^4K) (milieu acide)	—	9 mg
Azote ammoniacal	—	0 mg 16
Azote albuminoïde	—	0 mg 60
Azote nitreux	—	traces
Azote nitrique	—	néant

Les eaux des deux étangs (Serrant et Chevigné) ont sensiblement même teneur en matières organiques, en azote ammoniacal, albuminoïde, nitreux et nitrique, ce qui permet une comparaison instructive des éléments minéraux :

	Chevigné	*Serrant*
CO^2	15 mg	Non dosable
CO^3Ca	70 mg	10 mg
MgO	46 mg	6 mg 2
Fe	traces	2 mg 9

A Serrant, l'eau est très pauvre en CO^2, CO^3Ca, MgO, mais légèrement ferrugineuse; à Chevigné, la teneur de l'eau en CO^2, CO^3Ca, MgO est moyenne, mais l'eau est pauvre en fer. La première paraît convenir particulièrement aux *Pediastrum*.

Source MNHN Paris

Cela ressort aussi d'un travail de Van Oye (171) sur la biologie et l'écologie du phytoplancton d'un lac tropical, le lac Gedeh, à Java. La superficie du lac est de 28 hectares. Les eaux, pauvres en matières organiques dissoutes, sont assez minéralisées et surtout riches en silice, Ca et Mg, comme le montrent les chiffres ci-dessous:

Matières organiques en oxygène de MnO^4K.	—	4 mg 4
Cl	—	9 mg
NO^2	—	absent
NO^3	—	absent
NH^3	—	absent
SiO^2	—	23 mg
Fe	—	3 mg
CaO	—	34 mg
MgO	—	19 mg

Cette eau s'oppose à celle de Serrant par sa richesse en SiO^2, CaO et MgO. Or Van Oye, au cours d'une année d'études sur le plancton de cette station, n'y a jamais trouvé aucun *Pediastrum*. D'autre part, dans les étangs calcaires du Nord d'Angers (Etang du Malaguet) ou de Saumur (Etang du Bellai), où le *pH* atteint 8, les Pédiastrées cèdent le pas aux Desmidiées.

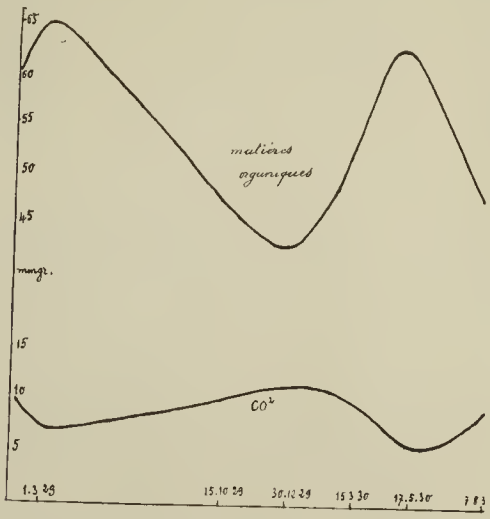
De plus, j'ai cherché à savoir si, dans l'étang du Jardin botanique de Tours, où tous les ans on constate, fin avril début mai, une intensité maxima très nette de la multiplication du *P. Boryanum* (phénomène qui, nous l'avons vu, est sous la dépendance de la température), on pouvait trouver, par des analyses de l'eau, soit une augmentation de la teneur de l'eau en sels nutritifs, soit une variation dans la concentration de certains éléments.

En effet, d'après les expériences de cultures de divers auteurs, et aussi d'après les observations que j'ai pu faire sur mes cultures, l'accélération du rythme dans la période de multiplication peut être obtenue par l'addition de certains éléments nutritifs, nitrate de potasse, phosphate monoacide d'ammoniaque, nitrate d'ammoniaque, perchlorure de fer, dans la proportion de 0 gr. 05 0/00, ou même par simple concentration légère du milieu par évaporation spontanée. En est-il de même dans les milieux naturels ?

Je ne le crois pas. En 1929 et 1930, j'ai fait plusieurs analyses de l'eau de l'étang du Jardin botanique de Tours: l'élément minéral n'a pour ainsi dire pas varié ni en quantité (il s'est toujours main-

Source MNHN Paris

tenu aux environs de 170 mg par litre), ni en qualité; en particulier, je n'ai jamais pu déceler la moindre augmentation de l'azote nitrique, de l'azote nitreux ou de l'azote ammoniacal pendant la belle saison, ni au moment de la plus grande intensité dans la multiplication végétative du *P. Boryanum*. Ces éléments restent toujours à l'état de traces, difficiles à doser exactement (qq. milligrammes au plus par litre).



Courbe 6. — Variations de la teneur en CO^2 et en matières organiques, dans l'étang du Jardin botanique de Tours (1-III-19 - 7-VIII-30).

Cependant, j'ai pu observer, au cours d'une année, des variations dans la concentration de deux éléments, les matières organiques et le gaz carbonique (libre et des bicarbonates, c'est à dire CO^2, chassé par ébullition et directement précipitable par l'eau de baryte). Les matières organiques passent par un maximum au printemps, au moment où CO^2 libre passe par un minimum, comme on

Source MNHN Paris

peut s'en rendre compte en comparant l'analyse suivante avec la précédente, p. 00 (eau prélevée le 30 décembre 1929), et en examinant les courbes 6, qui montrent les variations de CO^2 et des matières organiques en fonction du temps.

Etang du Jardin botanique de Tours. Eau prélevée le 1er mai 1929.

$$pH = 7{,}4 \qquad t = 14^\circ$$

Matières organiques en oxygène.....	par litre	7 mg 7
Matières organiques en acide oxalique.....	—	65 mg
CO^2	—	8 mg
Degré hydrotimétrique total.....		15
« « permanent		6

On peut se demander d'abord s'il y a une relation de cause à effet entre l'augmentation des matières organiques et la diminution de CO^2: je suis tenté de le croire. En effet, l'augmentation des matières organiques commence avec la prédominance du plancton animal, qui a lieu, dans la station, à la fin de l'hiver ou au début du printemps (mars) et qui est caractérisée par d'énormes quantités de *Bosmina longirostris:* les matières de déchet des animaux sont des matières azotées basiques, qui donnent d'ailleurs rapidement de l'ammoniaque par l'action des bactéries. On peut donc penser qu'une partie de ces matières neutralisent CO^2 en excès dans l'eau.

Il reste à savoir s'il y a autre chose qu'une simple coïncidence entre le maximum des matières organiques et le minimum de CO^2, d'une part, et le maximum du développement du *P. Boryanum,* d'autre part. On a vu plus haut, par l'examen de l'eau de l'étang de Serrant, station d'une exceptionnelle richesse en *Pediastrum,* que les *Pediastrum* préfèrent les eaux peu minéralisées, peu riches en carbonates et en CO^2, et d'une certaine teneur en matières organiques; ce qui amène à faire la remarque que le maximum du développement de *P. Boryanum,* dans l'étang du Jardin de Tours, se produit au moment où la composition de l'eau se rapproche le plus de celle de Serrant. (Augmentation des matières organiques, *diminution de* CO^2 et aussi du degré hydrotimétrique). On peut donc penser que des recherches ultérieures amèneront à considérer

Source MNHN Paris

les *matières organiques* et le *gaz carbonique* comme des facteurs chimiques ayant une *action favorable ou défavorable* sur le développement et la multiplication des *Pediastrum*, suivant leur concentration; l'optimum des matières organiques doit être relativement élevé, sans doute voisin de 8 mmg d'oxygène de MnO^4K par litre; mais celui de CO^2 libre ou combiné doit être faible.

Source MNHN Paris

RESUME GENERAL ET CONCLUSIONS

I. Dans le genre *Pediastrum*, les *caractères morphologiques* utilisés par les Algologues pour découper les espèces en variétés ou formes, même pour délimiter certaines espèces, ne sont ni constants, ni héréditaires. La dimension des lacunes chez les types clathrés, le rayon de courbure et la profondeur de l'échancrure de la cellule marginale, la longueur et l'épaisseur des pointes, le nombre et la disposition des cellules dans le cénobe, certains ornements de la membrane, etc., ne sont que des caractères individuels, qui varient largement sous l'influence de divers facteurs.

Parmi ces *facteurs de variations* individuelles, deux sont importants: l'âge et le mode de vie, pélagique ou benthique.

L'*âge* arrondit les formes, fait gonfler les cellules, réduit les lacunes et les échancrures, épaissit les membranes, fait apparaître des granulations, des plis, etc.

La *vie pélagique*, en relation avec une plus grande capacité de flottement, accroît l'extension en surface, en augmentant les lacunes, la longueur des pointes, etc.; tandis que la vie benthique agit en sens inverse, jusqu'à détruire l'ordonnance caractéristique des *Pediastrum* et transformer la colonie plane en colonie plus ou moins globuleuse.

Quand l'âge et le mode de vie agissent dans le même sens, l'espèce peut en devenir méconnaissable. Les vieux cénobes benthiques prennent alors l'aspect de colonies de kystes, à cellules arrondies, à pointes fort réduites ou nulles, à paroi épaisse, qui ont été considérées comme des espèces particulières, telles que *P. muticum*, *P. integrum*.

Parmi les autres facteurs de variations interviennent encore :

la *température:* à son degré optimum, elle favorise la croissance et la multiplication végétative et, en précipitant les étapes du développement, réduit au minimum les caractères de vieillesse;

les *modifications chimiques du milieu:* concentration, dilution des corps dissous en général et d'un élément en particulier; les for-

Source MNHN Paris

mes cœlastroïdes semblent dépendre, du moins en partie, d'un facteur de cet ordre;

la *taille de la cellule mère*, au moment de la reproduction: elle est en relation directe avec le nombre de zoospores qui en proviennent, par conséquent avec le nombre de cellules que renferme le cénobe fils : des cénobes à 16 cellules peuvent ainsi provenir de cénobes à 32 cellules, et inversement;

le *hasard*, inévitable, semble-t-il, dans le groupement des zoospores, passant de l'agitation en masse globuleuse au repos dans un plan: un cénobe du type *radians*, à une seule couronne de cellules, peut naître ainsi d'un cénobe à deux séries concentriques de cellules;

l'*accident banal*, qui déforme, mutile un cénobe, lui enlevant, par exemple, sa couronne de cellules marginales caractéristiques...

La meilleure des preuves à fournir, pour démontrer que ces variations sont individuelles et non héréditaires, c'est de saisir sur le vif, côte à côte, une colonie mère et ses colonies filles, non encore essaimées : on peut alors se convaincre que, pour satisfaire à la systématique des flores, la mère et la fille devraient être souvent classées dans des variétés, parfois même dans des espèces, différentes. J'ai été assez heureux pour pouvoir fournir cette preuve dans de nombreux cas. On voit ainsi *P. integrum* donner naissance à des *Boryanum* typiques, *P. simplex* typique à la prétendue variété *radians*.

Par ailleurs, des renseignements précieux sont fournis par les cultures au Laboratoire. On voit ainsi apparaître des modifications plus ou moins profondes, dues à la fois au passage de la vie pélagique à la vie benthique et aux modifications chimiques du milieu: formes cœlastroïdes, formes *integrum*, *glanduliferum*...

La comparaison de la même espèce dans des milieux écologiques différents, grands étangs à eau plus agitée, petits étangs à eau tranquille, dépôts sur la boue du fond, les plantes et les pierres submergées, permet d'apprécier l'influence de l'agitation de l'eau. Le résultat de nombreuses observations peut être confirmé par l'expérimentation.

C'est dans la vie pélagique que les *Pediastrum* atteignent les caractères les plus accentués de leurs formes, spécialement adaptées au flottement. Dans le même milieu planctonique, les variations de l'espèce se réduisent aux modifications dues aux divers stades du

Source MNHN Paris

développement : on peut ainsi suivre l'influence de l'âge, indiqué, en général, par la dimension des cellules. L'accentuation des caractères, dans la vie pélagique, donne en même temps les meilleures occasions de comparer les caractères des diverses espèces qui vivent ensemble. Les observations de ce genre permettent de constater que, dans la même station et les mêmes conditions de pêche, 1° une espèce donnée se reconnait aisément dans l'ensemble de ses colonies, 2° deux espèces différentes se distinguent aisément à première vue. Un bon nombre d'erreurs et d'obscurités, contenues dans la littérature algologique, auraient été évitées, si les auteurs, trop préoccupés de tout signaler, de tout décrire et de tout nommer, avaient négligé les formes isolées, d'une origine écologique quelconque, et appuyé leur systématique sur l'observation de populations denses et homogènes de la zone pélagique.

Je crois avoir ainsi montré que plusieurs espèces, telles que *P. oratum* (Ehr.) Braun, *P. Sturmii* Reinsch, *P. muticum* Ktz., *P. integrum* Naeg., que les nombreuses variétés, telles que *clathratum*, *gracillimum*, *longicorne*, *granulatum*, *arancosum*, *radians*... ne représentent que des formes individuelles, correspondant soit à des stades de développement, soit à des conditions écologiques variées. Elles n'ont donc pas de valeur systématique et elles devraient disparaître, du moins comme espèces ou variétés, des flores algologiques.

Je n'ai pas la prétention d'avoir trouvé, pour chacune des variations, l'explication biologique indiscutable, c'est-à-dire le facteur, interne ou externe, cause de la variation. De même, je dois reconnaître que, dans le grand nombre de variétés et de formes décrites par les auteurs, plusieurs ne se sont pas rencontrées dans mes pêches ou mes cultures. Appuyé sur mes observations concernant les variétés les plus communes, et même les variétés les plus éloignées du type moyen de l'espèce, je me crois autorisé à ne pas donner à ces variations non observées plus d'importance qu'aux autres et à les attribuer simplement à l'espèce.

Cette première partie de mon travail, de beaucoup la plus importante, correspond au but essentiel de mes recherches: éclairer la systématique des *Pediastrum* par leur étude biologique.

II. La seconde partie n'en est que la conséquence directe. La *systématique* des *Pediastrum* d'Europe se trouve ainsi réduite à 8 espèces :

Source MNHN Paris

P. simplex Meyen
P. Kawraiskyi Schmidle
P. duplex Meyen
P. biradiatum Meyen
P. Boryanum (Turpin) Meneghini
P. angulosum (Ehrenberg) Meneghini
P. Tetras (Ehrenberg) Ralfs
P. Braunii Wartmann

J'ai donné, à propos de chacune de ces espèces, les noms des autres espèces et des variétés, qui s'y rapportent comme de simples formes. J'y ai ajouté quelques notes de morphologie et d'histoire, pouvant éclairer la systématique de l'espèce.

III. Dans le courant de ces recherches, j'ai eu l'occasion d'observer, à plusieurs reprises, les phénomènes de la *reproduction asexuée;* j'ai groupé ces observations dans la troisième partie. J'ai pu assister à la formation de jeunes colonies, à partir de cellules ordinaires, chez toutes les espèces européennes, sauf chez *P. Braunii*, que je n'ai pu étudier vivant. J'ai assisté également à la sporulation de kystes, appartenant à diverses espèces. Ce dernier cas diffère du premier en deux points principaux: la vésicule renfermant les zoospores est souvent mise en liberté par gélification de la membrane du kyste; dans la vésicule, les zoospores se groupent d'ordinaire en 2 ou 4 cénobes.

Je n'ai jamais eu l'occasion d'observer la reproduction sexuée.

IV. Dans la quatrième partie, j'ai donné la *distribution géographique* des espèces de *Pediastrum*. En me basant sur mes pêches régionales et sur l'analyse détaillée de l'eau de quelques étangs, riches en *Pediastrum*, j'ai essayé d'établir quelques *particularités écologiques* du genre.

Que mon Maître, M. Bioret, — que je suis heureux de remercier encore en terminant —, me permette de lui emprunter la conclusion qu'il a donnée à son étude sur les Graphidées corticoles :

« Chez les plantes aussi simples, on peut reconnaître la double influence dont dépend la morphologie de l'être vivant: l'hérédité, marquée par certains caractères spécifiques, reconnaissables sous les variations individuelles, et l'adaptation du milieu, principale

Source : MNHN, Paris

source de variations. Le caractère héréditaire est surtout visible dans l'appareil reproducteur; mais on peut tout de même le retrouver dans l'appareil végétatif, plus plastique: c'est celui-ci surtout qui subit les modifications dues au milieu, modifications d'autant plus profondes que cet appareil est plus simple ».

Laboratoire de Botanique
de l'Université Catholique d'Angers,

Novembre 1932.

BIBLIOGRAPHIE

(Ouvrages consultés)

1. Abshagen G. — Das Phytoplankton des Greifswalder Boddens. — *Inaug. Diss. Greifswald*, 1908.
2. Allorge P. — Les associations végétales du Vexin français. — *Rev. gén. Bot.* 33, 34; 1921, 1922.
2 Allorge V. et P. — Hétérocontes, Euchlorophycées et Conjuguées de Galice. — *Rev. algol.*, 5, 1930.
4. Allorge P. et Denis M. — Remarques sur la distribution des Algues dans la Haute-Maurienne. — *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 67, 1920.
5. Allorge P. et Denis M. — Une excursion phytosociologique aux Lacs de Biscarosse (Landes). — *Ibid.*, 70, 1923.
6. Archer W. — Contribution to the Botany of H. M. S. Challenger. xxxiv: Note on the Freshwater Algæ collected by H. N. Moseley in Kerguelen's Land. — *Journ. Linn. Soc., Bot.*, 15, 1877.
7. Archer W. — Notes of some Collections made from Furnas Lake, Azores, containing Algæ and a few others Organisms. — *Ibid.*, 14, 1875.
8. Askenasy E. — Ueber die Entwickelung von *Pediastrum*. — *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, 6, 1888.
9. Bachmann H. — Das Phytoplankton des Süsswassers, mit besonderer Berücksichtigung des Vierwaldstättersees. — *Iena*, 1911.
10. Bachmann H. — Beiträge zur Algenflora des Süsswassers von Westgrönland. — *Mitt. Naturf. Ges. Luzern*, 8, 1921,

Source MNHN Paris

11. Bachmann H. — Das Phytoplankton der Piorasee nebst einigen Beiträgen zur Kenntnis des Plytoplanktons schweizerischer Alpenseen. — *Zeitschr. f. Hydrol.*, 4, 1928.
12. Balsamo F. — Sulla Storia naturale delle Alghe d'Acqua dolce del Comune di Napoli. — *Atti R. Acad. Sc. Fis. Mat. Napoli, ser.* 2, *vol.* 1, 1885.
13. Bennett A. W. — Freshwater Algæ of the English Lake District. — *J. R. Micr. Soc.*, 1886.
14. Bennett A. W. — Freshwater Algæ of North Cornwall. — *Ibid.*, 1887.
15. Bennett A. W. — Freshwater Algæ and Cyanophyceæ of Southwest Surrey. — *Ibid.* 1892.
16. Bennin E. — Das Plankton der Warthe in den Jahren 1920-1924. — *Arch. f. Hydrob.* 17, 1926.
17. Bernard C. — Protococcacées et Desmidiées d'eau douce récoltées à Java. — *Dép. Agr. Ind. Néerl.*, 1908.
18. Betige H. — Einige Fälle von Massenentwicklung bei Diatomeen. — *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, 48, 1930.
19. Bigeard E. — Contribution à l'étude du *Pediastrum Kawraiskyi* Schmidle. — *Ann. Soc. Agr. Sc. Arts et Bell. Let. Dép. Indre-et-Loire*, 110, 1930; *Trav. Lab. Bot. Univ. Cath. Angers*, 3, 1931.
20. Bigeard E. — Les *Pediastrum* de France. — *C. R.*, 193, 1931.
21. Bioret G. — Le Plancton de l'Etang Saint-Nicolas. — *Bull. Soc. Et. Sc. Angers*, 55, (1925), 1926; *Trav. Lab. Bot. Univ. Cath. Angers*, 1, 1926.
22. Bohlin K. — Die Algen der ersten Regnell'schen Expedition. I : Protococcoideen. — *Bih. t. K. Sv. Vet. — Akad. Handl.*, 23, 1897.
23. Bohlin K. — Etude sur la flore algologique d'eau douce des Açores. — *Ibid.*, 27, 1901.
24. Bolochonzev E. — Beobachtungen über das Phytoplankton der Wolga im Sommer des Jahres 1902. — *Jahrb. Wolga Biol. Stat.*, 1903.
25. Borge O. — Chlorophyllophyceer fran Norska Finmarker. — *Bih. t. K. Sv. Vet. — Akad. Handl.*, 17, 1892.
26. Borge O. — Süsswasser-Chlorophyceen gesammelt von Dr A. Osw. Kihlman in Nordlichsten Russland. Gouvernement Archangel. — *Ibid.*, 19, 1894.
27. Borge O. — Ueber subfossile Süsswasseralgen aus Gotland. — *Bot. Centr.*, 63, 1895.
28. Borge O. — Australische Süsswasser-Chlorophyceen. — *Bih. t. K. Sv. Vet. — Akad. Handl.*, 22, 1896.
29. Borge O. — Süsswasseralgen von Franz Josefs Land. — *Ofv. K. Sv. Vet. — Akad. Förh.*, n° 7, 1899.
30. Borge O. — Ueber tropische und subtropische Süsswasser-Chlorophyceen. — *Bih. t. K. Sv. Vet. — Akad. Handl.*, 24, 1899.
31. Borge O. — Süsswasseralgen aus Süd-Patagonien. — *Ibid.*, 27, 1901.
32. Borge O. Beiträge zur Algenflora von Schweden. — *Ark. f. Bot.*, 6, 1906.
33. Borge O. — Algen aus Argentina und Bolivia. — *Ibid.*, 6, 1906.
34. Borge O. — Nordamerikanische Süsswasseralgen. — *Ibid.*, 8, 1909.
35. Borge O. — Die Süsswasseralgenflora Spitzbergens. — *Vidensk. Skr. Mat. Naturr. Kl.*, n° 11, 1911.

Source MNHN Paris

36. Borge O. — Die von Dr A. Löfgren in São-Paulo gesammelten Süsswasseralgen. — *Ark. f. Bot.*, 15, 1918.

37. Borge O. — Die Algenflora des Täkernesees. — *Sjön Täkerns Fauna och Flora*, 4. 1921.

38. Borge O. — Beiträge zur Algenflora von Schweden, III. — *Ark. f. Bot.*, 18, 1923.

39. Borge O. — Die von Dr F. C. Hoene während der Expedition Roosevelt-Rondon gesammelten Süsswasseralgen. — *Ibid.*, 19, 1925.

40. Borge O. — Zellpflanzen Ostafrikas gesammelt auf der Akademischen Studienfahrt, 1910. — *Hedwigia*, 58, 1928.

41. Borge O. — Beiträge zur Algenflora von Schweden, 4 : Die Algenflora am Grövelsee. — *Ark. f. Bot.*, 23, 1930.

42. Borgesen F. — Freshwater Algae. *Botany of the Faeroës*, I, 1901.

43. Borgensen F. and Ostenfeld C. H. — *Phytoplankton of Lakes in the Faeroës.* — *Ibid.* II, 1903.

44. Braun A. — Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur. — *Leipzig*, 1851.

45. Braun A. — Algarum unicellularium genera nova et minus cognita. — *Leipzig*, 1855.

46. Brébisson (de) et Godey. — Algues des environs de Falaise. — *Mém. Soc. Acad. Falaise*, (1835) 1836.

47. Brébisson A. (de). — Liste des Desmidiées observées en Basse-Normandie. — *Mém. Soc. Imp. Sc. Nat. Cherbourg*, 4, 1856.

48. Bruhl P. and Biwas K. — Algæ of the Loktak Lake. — *Mem. Asiat. Soc. Bengal.*, 8, 1926.

49. Brunnthaler J. — Phytoplankton aus Kleinasien. — *Sitz. K. Akad. Wiss. Wien*, 112, 1903.

50. Brunnthaler J. — Protococcales. — *PASCHER : Süsswasser-Flora Deutschlands*, H. 5, 1915.

51. Brutschy A. — Die Algenflora des Val Piora. — *Zeitschr. f. Hydrol.*, 5, 1929.

52. Carlson G. — Süsswasseralgen aus der Antarktis, Süd-Georgien und den Falklandinseln. — *Wiss. Ergebn. Schwed. Süd-Pol. Exped.*, Bd 4, 1913.

53. Carter Nellie. — A systematic account of the Plants collected in New Caledonia and the Isle of Pines by M. Compton in 1914. — *J. Linn. Soc. Bot.*, 46, 1922.

53 bis. — Cedercreutz C. — Süsswasseralgen aus Petsamo I, II. — *Memor. Soc. F. et Fl. Fenn.*, 5, 1929 ; 7, 1932.

54. Chodat A. — Etudes de Biologie lacustre : Nouvelles remarques sur la flore pélagique superficielle des lacs suisses et français. — *Bull. Herb. Boiss.*, 6, 1898.

55. Chodat R. — Algues vertes de la Suisse. — *Matér. pour la Fl. Crypt. Suisse*, I, 3, 1902.

56. Chodat R. — Matériaux pour l'histoire des Algues de la Suisse, VI : *Pediastrum tricornutum* Borge, étude critique. — *Bull. Soc. Bot. Genève*, 1922.

Source MNHN, Paris

57. Chodat et Huber J. — Développement des *Pediastrum*. Remarques sur le système des Algues vertes inférieures. — *Arch. Sc. Phys. Nat. Genève*, 31, 1894.

58. Chodat R. et Huber J. — Recherches expérimentales sur le *Pediastrum Boryanum*. — *Ibidem* et *Bull. Soc. Bot. Suisse*, 5, (1894), 1895.

59. Cilleuls J. (des). — Le Phytoplancton de la Loire et de ses affluents dans la région saumuroise. — *Intern. Rev. d. ges. Hydrob. u. Hydrogr.*, 20-21, 1928-1929 ; *Trav. Lab. Bot. Univ. Cath. Angers*, 2, 1928.

60. Cleve P. T. — Diatomaceer fran Spetsbergen. — *Ofv. K. Sv. Vet. — Akad. Förh.*, 10, 1867.

61. Comère J. — Addition à la Flore des Algues d'eau douce du pays Toulousain et des Pyrénées centrales. — *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 56, 1927.

62. Corda A. — Observations sur les animalcules microscopiques qu'on trouve auprès des eaux thermales de Carlsbad. — *Alman. de Carlsbad*, 5 ann., 1835.

63. Corda A. — Observations sur les Euastrées et les Cosmariées. — *Ibid.*, 9, 1839.

64. Cooke M. — British Fresh-Water Algæ. — 1882-1884.

65. Cozette P. — Catalogue des Algues terrestres et d'eau douce du Nord de la France. — *C. R. Congr. Soc. Sav. Paris*, (1903) 1904.

66. Dalla Torre (K.-W. von) und Sarntheim (L. Gr. von). — Die Algen von Tirol, Voralberg und Lichtenstein. — *Inssbruck*, 1901.

67. Dangeard P.-A. — Mémoire sur les Algues. — *Le Botaniste*, 1, 1889.

68. Debray F. — Catalogue des Algues. — *BATTANDIER et TRABUT : Flore de l'Algérie*, 1896-1897.

69. Deflandre C. — Contribution à la flore algologique de la Haute-Savoie. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 70, 1923.

70. Deflandre G. — Additions à la flore algologique des environs de Paris. — *Ibid.*, 71, 1923 ; 72, 1925.

71. Deflandre G. — Note sur la flore algologique de deux localités alpines. — *Ibid.*, 72, 1925.

72. Deflandre G. — Contributions à la flore algologique de France : Confolentais. — *Ibid.*, 73, 1926. — (a) II-IV. *Ibid.*, 75, 1928.

73. Deflandre G. — Contribution à l'étude des Algues des eaux douces du Vénézuéla. — *Rev. algol.*, 3, 1928.

74. Denis M. — Observations algologiques dans les Hautes-Pyrénées. — *Ibid.*, 1, 1925.

75. Denis M. — Contribution à la flore algologique d'Auvergne I. — *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 72, 1925.

76. Denis M. — Essai sur la végétation des mares de la forêt de Fontainebleau. — *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 10e sér., 7, 1925.

77. Denis M. — Contribution à la flore algologique d'Auvergne. II. — *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 73, 1926.

78. Dorogostaisky V. — Matériaux pour servir à l'algologie du lac Baïkal et de son bassin. — *Bull, Soc, Imp. Nat. Moscou*, n. s., 18, 1904,

Source MNHN Paris

78 bis. Fischer R. — Die Algen Mährens und ihre Verbreitung. — *Verh. d. naturf. Ver. in Brünn*, Bd 57, 1920.

79. Forti A. — Contributo 4° alla conoscenza della Florula Ficologica Veronese. — *Ver. Notar.*, 13, 1902.

80. Forti A. — Appunti algologici per l'Anatolia. — *Ibid.*, 16, 1905.

81. Fournier P. — Catalogue des Algues vertes d'eau douce observées en France. — *F. des Jeunes Natur.*, 34, 1904.

82. Frémy P. — Contribution à l'étude de la Flore algologique de l'Afrique équatoriale française. — *Rev. algol.*, 1, 1925.

83. Frémy P. — Algues provenant des récoltes de M.-A. Gadeau de Kerville dans le canton de Bagnères-de-Luchon (Haute-Garonne). — *Bull. Soc. Amis Sc. Nat. Rouen*, 1930.

84. Fritsch F. — Freshwater Algæ collected in the South Orkneys by M.-R. Rudmose Brown, of the Scottish National Antarctic Expedition 1902-1904. — *J. Linn. Soc. Bot.*, 40, 1912.

85. Fritsch F. — Freshwater Algæ. — *Brit. Antarct. « Terra Nova » Exped.*, 1910. London, 1917.

86. Fritsch F. — Contributions to our knowledge of the Freshwater Algæ of Africa. 2. — A First Report on the Freshwater Algæ, mostly from the Cape Peninsula, in the Herbarium of the South African Museum. — *Ann. South Afric. Mus.*, 9, VII, 1918.

87. Fritsch F. and Stephens (Miss. E.). — Contributions to our knowledge of the Freshwater Algæ of Africa. — 3. Freshwater Algæ, mainly from the Transkei Territories, Cape Colony. — *Trans. R. Soc. South Africa*, 9, I, 1921.

88. Gaidukov N. — Zur Œkologie der Süsswasseralgen. — *Bot. Arch.*, 6, 1924.

89. Gaidukov N. — Weitere Beiträge zur Œkologie der Süsswasseralgen. — *Ibid.*, 9, 1925.

90. Gauthier-Lièvre (Mme L.). — Recherches sur la flore des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie. — *Thèse*, Paris, 1931.

91. Georgevitch P. — Desmidiaceen aus dem Prespasee in Macedonien. — Desmidiaceen aus dem Wlasina-See. — *Beih. z. Bot. Centralbl.*, 26, II, 1910.

92. Graudina A. — Die Algenflora des Stadtkanals von Riga. — *Acta Horti Bot. Univ. Latviensis*, 3, 1928.

93. Grunow A. — Die Desmidiaceen und Pediastrum einiger österreichischer Moore. — *Verh. K. K. Zool. Bot. Ges. Wien*, 1858.

94. Guerrero Gonzales P. — Nuevos datos del plancton hispanico-marroqui (agua dulce). — *Bol. R. Soc. Espan. Hist. Nat.*, 29, 1929. (*Hedwigia*, 69, 1930).

94 bis. Guerrero Gonzales P. — Contribucion al Estudio de las Algas y Esquizofitas de Espana. — *Trab. Mus. Nac. Cienc. Bot.*, 22, 1927. (*Bot. Centralbl.*, 160, p. 419, 1931).

95. Gutwinski R. — Flora Algarum agri Leopoliensis. — *Spr. Kom. fiz. Akad. Um. Krakowie*, 27, 1892.

96. Gutwinski R. — Flora Algarum agri Tarnopoliensis. — *Ibid.*, 30, 1894.

97. Gutwinski R. — Prodromus Floræ Algarum Galiciensis. — *Rozpr. Wydz. mat. — przyr. Akad. Um. Krakow.*, 28, 1895.

Source : MNHN, Paris

98. Gutwinski R. — De nonnullis Algis novis vel minus cognitis. — *Ibid.*, 33, 1896.

99. Gutwinski R. — Wykaz Glonow zebranych w okolicy Madowic-Makowa. — *Spr. Kom. fis. Akad. Um. Krakow.*, 32, 1897.

100. Handa R. — A Contribution to our Knowledge of the Green Algæ of Rangoon. — *Journ. Burma Res. Soc.*, 17, 1927.

101. Hansgirg A. — Prodromus der Algenflora von Böhmen I. — *Prague*, 1886.

102. Hansgirg A. — Beiträge zur Kenntnis der Süsswasser-Algen und Bakterien-Flora von Tirol und Böhmen. — *Sitz. K. Böhm. Ges. Wiss.*, 1892.

103. Harper R. — Morphogenesis in *Pediastrum*. — *Science*, 2, 1913.

104. Harper R. — On the Nature of Types in *Pediastrum*. — *Mem. New-York Bot. Gard.*, 6, 1916.

105. Harper R. — Organisation, Reproduction and Inheritance in *Pediastrum*. — *Proc. Americ. Phil. Soc.*, 57, 1918.

106. Hassall A. — A History of the British Freshwater-Algæ. — *London*, 1845.

107. Holst. — Postglaciale Tidsbestamminger. — *Sver. Geol. Unders., ser. C.* n° 216, 1919.

108. Huber-Pestalozzi G. — Die Schwebeflora (das Phytoplankton) von Seen und Kleingewässern der alpinen und nivalen Stufe. — *Zurich*, 1926.

109. Huber-Pestalozzi G. — Beiträge zur Kenntnis der Süsswasseralgen von Korsika. — *Arch. f. Hydrob.*, 19, 1928.

110. Huber-Pestalozzi G. — Algologische Mitteilungen VI. Algen aus dem Lago di Muzzano. — *Ibid.*, 20, 1929.

111. Huber-Pestalozzi G. — Das Plankton natürlicher und künstlicher Seebecken Süd-afrikas. — *Atti Congr. Intern. Limnol. Roma* 1927, 1929.

112. Huber-Pestalozzi G. — Algen aus dem Krysnawalde in Südafrika. — *Z. f. Bot.*, 23, 1930.

113. Huitfeldt-Kaas H. — Planktonundersögelser i Norske Vande. — *Christiania*, 1906.

113 bis. Hutchinson E., Pickford G. and Schuurman J. — A Contribution to the hydrobiology of pans and other inland waters of South-Africa. — *Arch. f. Hydrob.*, 24, 1932.

114. Istvanffi (J. von). — Die Kryptogamenflora des Balatonsees und seiner Nebengewässer. — *Res. Wiss Erf. Balatonsees, Sect.* I. 1898.

115. Kayser P. — Beiträge zur Kenntnis der Hydrographie und Biologie des Steinhudermeeres. — *Arch. f. Hydrob.*, 10. 1915.

116. Kirchner O. — Kryptogamenflora von Schlesien (Conx). Algen. — *Breslau*, 1878.

117. Klemm J. — Beiträge zu einer Algenflora der Umgegend von Greifswald. — *Inaug. Diss., Greifswald*, 1914.

118. Klück W. — Phytoplanktonuntersuchungen im Brackwassergebiet der Unteiwarnow. — *Int. Rev. ges. Hydrob....*, 23, 1930.

119. Kramer O. — Beiträge zu einer Algenflora der Umgegend von Greifswald. — *Inaug. Diss., Greifswald*, 1919.

120. Krieger W. — Zur Biologie des Flussplankton des Havelgebietes. — *KOLKWITZ's Pflanzenforschung*, 10, 1927.

Source MNHN Paris

121. Krieger W. — Algenassoziationen von den Azoren und aus Kamerun. — *Hedwigia*, 70, 1930.

122. Küfferath H. — Notes sur la flore algologique du Luxembourg méridional, II. — *Ann. Biol. lac.*, 7, 1914.

123. Kützing F. — Synopsis Diatomearum. — *Linnæa*, 8, 1833.

124. Kützing F. — Phycologia germanica. — *Nordhausen*, 1845.

125. Kützing F. — Species Algarum. — *Leipzig*, 1849.

126. Lagerheim G. — Bidrag till Kännedomen om Stockholmstraktens Pediastrceer, Protococcaceer och Palmellaceer. — *Ofv. K. Sv. Vet. — Akad. Förh.* 39, 1882.

127. Lagerheim G. — Bidrag till Sveriges Algflora. — *Ibid.*, 40, 1883.

128. Lagerheim G. — Ueber einige Algen aus Cuba, Jamaica und Puerto-Rico. *Bot. Notis.*, 1887.

129. Lagerheim G. — Contributiones a la Flora algologica del Ecuador. — *Anal. Univ. Quito*, 1890.

130. Lagerheim G. — Chlorophyceen aus Abessinien und Kordofan. — *Nuov. Notar.*, 4, 1893.

131. Lagerheim G. — Beiträge zur Flora der Bären-Insel, 2. — *Bih. t. K. Sv. Vet. — Akad. Handl.*, 25, 1900.

132. Lagerheim G. — Om Lamin af Rhizopoder. — *Geol. För. Stockholm Förh.*, 23, 1901.

133. Lemmermann E. — Die Planktonalgen des Müggelsees bei Berlin, II. — *Zeitschr. f. Fisch.*, 1897.

134. Lemmermann E. — Beiträge zur Kenntnis der Planktonalgen, II : Beschreibung neuer Formen. — *Bot. Centralbl.*, 70, 1898.

135. Lemmermann E. — Das Phytoplankton sächsischer Teiche. — *Forsch. Biol. Stud. Plon*, 7, 1890.

136. Lemmermann E. — Ergebnisse einer Reise nach dem Pacific. — *Abh. Nat. Ver. Bremen*, 16, 1899.

137. Lemmermann E. — Beiträge zur Kenntnis der Planktonalgen III : Neue Schwebealgen aus der Umgegend von Berlin. — *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, 18, 1900.

138. Lemmermann E. — Id. XIII : Das Phytoplankton des Ryck und des Greifswalder Boddens. — *Ibid.*, 19, 1901.

139. Lemmermann E. — Nordisches Plankton. XXI : Flagellatæ, Chlorophyceæ. — *Kiel und Leipzig*, 1903.

140. Lemmermann E. — Das Phytoplankton des Meeres, II. — *Abh. Nat. Ver. Bremen*, 17, 1903.

141. Lemmermann E. — Das Plankton schwedischer Gewässer. — *Arch. f. Bot.*, 2, 1904.

142. Lemmermann E. — Über das Vorkommen von Süsswasserformen im Phytoplankton des Meeres. — *Arch. f. Hydrob.*, 1, 1906.

143. Lemmermann E. — Das Plankton des Weser bei Bremen. — *Ibid.*, 2, 1907.

144. Lemmermann E. — Das Plankton des Jang-tse-kiang (China). — *Ibid.*, 2, 1907.

145. Lemmermann E. — Beiträge zur Kenntnis der Planktonalgen : XXIII : Das Phytoplankton des Lago di Varano und des Lago di Monate (Italien).

Source : MNHN, Paris

147. Lemmermann E. — XXIV : Plankton aus Schlesien 2.
148. Lemmermann E. — XXV : Die Algen des Stralsunder Rohwassers. — *Ibid.*, 3, 1908.
149. Lemmermann E. — Algologische Beiträge, VI : Algen aus der Biviera von Lentini (Sizilien). — *Ibid.*, 4, 1909.
150. Lemmermann E. — Das Phytoplankton des Menam. — *Hedwigia*, 48, 1909.
151. Lemmermann E. — Beiträge zur Kenntnis der Planktonalgen, XXVI : Das Phytoplankton des Paraguay. — *Arch. f. Hydrob.*, 5, 1910.
152. Lindau G. — Die Algen II. — *Berlin*, 1914.
153. Lucks R. — Zur Kenntnis des westpreussischen *Pediastrum*-Arten. — *Jahrb. Westpr. Lehr. Ver. Naturk.*, 2-3, 1907.
154. Meneghini J. — Synopsis Desmidiearum hucusque cognitarum. — *Linnæa*, 14, 1840.
155. Meyen F. — Beobachtungen über einige niedere Algenformen. — *Nova Acta Acad. Leop. Carol.*, 14, 1829.
156. Migula W. — Kryptogamen-Flora von Deutschland, Deutsch-Osterreich und der Schweiz. Algen I. — *Gera*, 1923.
157. Morosowa-Wodianitzkaja N. — Umriss der Gattung *Pediastrum*. — *Trav. Stat. biol. Novoross.*, 11, 1923.
158. Morosowa-Wodianitzkaja N. — Neue Formen des Genus *Pediastrum*. — *Arch. Rus. Prot.*, 4, 1925.
159. Morosowa-Wodianitzkaja N. — Die homologischen Reihen als Grundlage zur Klassifikation der Gattung *Pediastrum*. — *Ibid.* 4, 1925.
160. Naegeli K. — Gattungen einzelliger Algen. — 1849.
161. Naumann E. — Ziel und Hauptprobleme der regionalen Limnologie. — *Bot. Notis.*, 1927.
162. Nitardy E. — Zur Synonymie von *Pediastrum*. — *Beih z. Bot. Centralbl.* 32, II, 1914.
163. Nordstedt O. — De Algis aquæ dulcis et de Characeis ex insulis Sandvicensibus a Sv. Berggren 1875 reportatis. — *Minenskr. K. Fys. Sällsk. Lund*, 1878.
164. Nordstedt O. — Freshwater Algæ collected by D. R. S. Berggren in New Zealand and Australia. — *Bih. t. k. Sv. Vet Akad. Handl.*, 22, 1888.
165. Oltmanns F. — Morphologie und Biologie der Algen. 2 *Aufl.*, 1922-23.
166. Ostenfeld C. — Beiträge zur Kenntnis der Algenflora des Kossogol-Beckens in der nordwestlichen Mongolei. — *Hedwigia*, 46, 1907.
167. Ostenfeld C. — The Phytoplankton of the Aral Sea and its affinents. — *Wiss. Ergebn. Aralsea Exped.*, *St Petersb.*, 1908.
168. Ostenfeld C. — Phytoplankton aus dem Victoria Nyanza. — *Engl. Bot. Jahrb.*, 41, 1908.
169. Oye (P. van). — Contribution à la connaissance de la flore et de la faune microscopiques des Indes néerlandaises. — *Ann. Biol. lac.*, 11, 1922.
170. Oye (P. van). — Les Hydrodictyacées de Java. — *Nuov. Notar.*, 34, 1923.
171. Oye (P. van). — Biologie et Ecologie du Phytoplancton d'un lac tropical. — *Bull. Soc. R. Bot. Belg.*, 56, 1924.
172. Oye (P. van). — Données concernant la distribution géographique des Algues au Congo belge. — *Rev. Zool. Afric.*, 15, *Suppl. Bot.*, *Gand* 1927.

Source MNHN Paris

173. Oye (P. van). — Over de Wierflora van Belgisch-Kongo. — *Botan. Jaarb.*, 20, 1927.

174. Paravicini E. — Notizen zur Kenntnis der Flora und Fauna des Goktschasees in Hocharmenien. — *Arch. f. Hydrob.*, 10, 1915.

175. Pascher A. — Die Süsswasserflora Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz. Heft 5 : Chlorophyceæ. — *Iena*, 1915.

176. Petersen J. Boye. — On tufts of bristles in *Pediastrum* and *Scenedesmus*. — *Bot. Tidskr.*, 31, 1912.

177. Petersen J. Boye. — On « Pseudoflagella » and tufts of bristles in *Pediastrum*, especially *Pediastrum clathratum* (Schrœder) Lemm. — Ibid. 37, 1921.

178. Petersen J. Boye. — Algæ from O. Olufsen's Second Danish Pamir Expedition 1898-1899. — *Dansk Bot. Ark.*, 6, 1930.

178 bis. Petkoff St. — *a*) La flore aquatique et algologique de la Macédoine du S. O. — *Philoppopoli*, 1910.

b) Contribution supplémentaire à l'étude des Algues du sommet Kom et ses environs. — *Ann. Univ., Sofia*, 1, VI, 1911.

c) La flore algologique du mont Pirin-Planina. — *Rec. Acad. Bulg. Sc.*, 20, 1925.

179. Plumecke C. — Zur Biologie mecklenburgischer Gewässer I, II. — *Arch. f. Hydrob.*, 9, 1914.

180. Printz H. — Kristianatraktens Protococcoïdeer. — *K. Norske Videnskr. Selsk. Skr.*, 1913, n° 6, 1914.

181. Printz H. — Beiträge zur Kenntnis der Chlorophyceen und ihrer Verbreitung in Norwegen. — *Ibid.*, 1915, n° 2, 1916.

182. Printz H. — Die Chlorophyceen des südlichen Siberiens und des Uriankallandes. — *Ibid*, n° 4, 1916.

183. Printz H. — Chlorophyceæ. — *Die Natürlichen Pflanzenfamilien*, 2 *Aufl.*, 3, 1927.

184. Probst (T. von). — Ueber die Vermehrung von *Sorastrum* Naegeli, *Pediastrum* Meyen und *Tetraedron* Ktz. — *Tätitgk. — ber. Naturf. Ges. Basel.*, 7 (1922-25), 1926.

185. Rabenhort L. — Deutschland Kryptogamenflora, II : Algen. — 1847.

186. Rabenhorst L. — Flora europæa Algarum aquæ dulcis et submarinæ, III. — 1868.

187. Raciborski M. — Przeglad Gatunkow Rodzaju *Pediastrum*. — *Mém. Acad. Sc. Cracovie*, 20, 1889.

188. Ralfs J. — British Desmidieæ. — *London*, 1848.

189. Rays (Mlle T.). — Note préliminaire sur quelques Algues récoltées aux environs de la situation biologique de Besse : lac de Bourdouze. — *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 76, 1929.

190. Reinsch P. — Die Algenflora des mittleren Thelles von Franken. — *Abh. Nat. Ges. Nürnberg*, 3 (1866), 1867.

191. Reinsch P. — Contributiones ad floram Algarum aquæ dulcis Promontorii Bonæ Spei. — *J. Linn. Soc. Bot.*, 16, 1878.

192. Reinsch P. — Die Süsswasseralgenflora von Süd-Georgien. — *Deutsche Polar-Exped.*, 2, 1890.

Source MNHN, Paris

193. Richter P. — Süsswasseralgen aus dem Umanadistrikt (Ostgrönland). — *Bibl. Bot.*, 42, 1897.

194. Roll. J. — Les nouvelles espèces des Algues trouvées aux environs de la station biologique du Donetz du Nord. — *Arch. Rus. Protist.*, 4, 1925, (*Rev. algol.*, 4, 1929).

195. Roll. J. — Algues nouvelles trouvées dans le plancton de la rivière Dniepre. — *Ann. de Protist.*, 1, 1928.

196. Schiller J. — Der thermische Einfluss und die Wirkung des Eises auf die planktischen Herbstvegetation in den Altwassern der Donau bei Wien. — *Arch. f. Protistenk.*, 56, 1926.

197. Schmidle W. — Beiträge zur alpinen Algenflora. — *Osterr. Bot. Zeitschr.*, 45-46, 1895-1896.

198. Schmidle W. — Algen aus den Hochseen des Kaukasus. — *Arb. Bot. Gart. Tiflis*, 2, 1897.

199. Schmidle W. — Über einige von Bohlin in Pite Lappmark und Vasterbotten gesammelte Süsswasseralgen. — *Bih. t. k. Sv. Vet. Akad. Handl.*, 24, 1898.

200. Schmidle W. — Beiträge zur Flora von Afrika (Engler), IV : Die von W. Gœtze am Rukwa-See und Nyassa-See gesammelte... Chlorophyceæ. *Engl. Bot. Jahrb.*, 30, 1902.

201. Schmilde W. — Berichte über die botanische Ergebnisse der Nyassa-See... V : Algen. — *Ibid.*, 32, 1903.

202. Schodduyn R. — Contribution à l'étude biologique du Canal de Roubaix. — *Ann. Biol. lac.*, 14, 1925.

203. Schodduyn R. — Matériaux pour servir à l'Etude biologique des Cours d'eau de la Flandre française. — *Ibid.*, 14, 1925.

204. Schodduyn R. — Matériaux pour l'étude de la Faune et de la Flore des Eaux douces de Funchal (Madère). — *Ibid.*, 15 (1926), 1927.

205. Schroeder B. — Neue Beiträge zur Kentnis der Algen des Riesengebirges. — *Forsch. biol. Stat. Plön*, 6, 1898.

206. Schroeder B. — Das Pflanzenplankton preussischer Seeen. *Anhang zu :* Seligo : Untersuchungen in der Stuhmer Seeen. — *Danzig*, 1900.

207. Schroeder B. — Beiträge zur Kenntnis des Phytoplankton aus dem Kochel-und dem Walchensee in Bayern. — *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, 35, 1917.

208. Schroeder B. — Phytoplankton aus dem Schlawasee. — *Ibid.*, 35, 1917.

209. Schroeder B. — Phytoplankton aus Seen von Mazedonien. — *Sitz. Akad. Wiss. Wien, Math. — Nat. Kl.*, 130, 1921.

210. Schroeter C. — Neue Beiträge zur Algenkunde Schlesiens. — *Jahresber. Schles. Ges. Vaterl. Kult.*, CI, 1883.

211. Schroeter C. — Die Schweberflora unserer Seen (Das Phytoplankton). *Neuj. Naturf. Ges. Zürich*, 99, 1896.

212. Schroeter C. und Kirchner C. — Die Vegetation des Bodensees. — *Bodensee-Forsch.*, 9 *Abschn.*, 1896.

213. Skuja H. — Vorarbeiten zu einer Algenflora von Lettland III. — *Acta Horti Bot. Univ. Latv.*, 2, 1927.

Source MNHN Paris

214. Skuja H. — Süsswasseralgen von den westestnischen Inseln Saaremaa und Hiiumaa. — *Ibid.*, 4 (1929), 1930.

215. Schultz M. — Beiträge zu einer Algenflora der Umgegend von Greifswald. — *Inaug. Diss., Greifswald*, 1914.

216. Schutoff A. — Materialen zur Flora der Grünalgen des Wolgaplanktons. — *Arb. Biol. Wolga Stat., Saratow*, 6, 1922.

217. Seligo A. — Hydrobiologische Untersuchungen 1. Zur Kenntnis der Lebenverhältnisse in einige westpreussischen Seen. — *Schr. Naturf. Ges., Danzig*, 1890.

218. Selk H. — Beiträge zur Kenntnis der Algenflora der Elbe und ihres Gebietes. — *Jahrb. Hamburg. Wiss. Anst.* (1907), 1908.

219. Skorikow R. — Über das Sommer-Plankton der Newa und aus einem Teile des Ladoga-Sees. — *Biol. Centralbl.*, 24, 1904.

220. Skvortzow B. — Contribution à la flore des Algues de la Russie d'Asie. III : Le Phytoplancton du lac Tshla de la province Priamourskaja. — *J. Soc. Russe Bot.*, 2, 1917.

221. Skvortzow B. — V : Algues de la province d'Akmolinsk. — *Ibid.*

222. Skvortzow B. — VII : Notions préliminaires sur le Phytoplancton de l'Amour. — *Ibid.*, 3, 1918.

223. Skvortzow B. — VIII : Les Algues de l'Altaï. — *Ibid.*

224. Skvortzow B. — X : Sur quelques Algues des provinces de l'Amour et de la Transbaïkalie. — *Ibid.*

225. Skvortzow B. — Notes on the Agriculture, Botany and Zoology of China. 3 : The Freshwater Algæ from the Fonds of South China — *J. Asiat. Soc. Shanghai*, 50, 1919.

226. Skvortzow B. — 11 : The Phytoplankton of some Tibetan Lakes. — *Ibid.*

227. Skvortzow B. — 12 : On some Freshwater Algæ collected in Shanghai. — *Ibid.*

228. Skvortzow B. — 48 : On the Winter Phytoplankton of the Fish-Fonds of Foochow. — *Ibid.*, 53, 1922.

229. Skvortzow B. — 49 : On some Freshwater Algæ, collected by Mr. C. R. Kellog in Hokchiang, Fuckien. — *Ibid.*

230. Skvortzow B. — Über einige Süsswasseralgen der Umgegend von Peking (China). — *Arch. f. Hydrob.*, 16, 1925.

231. Skvortzow B. — Über einige Süsswasseralgen aus der Nord-Mansdchurei im Jahre 1916 gesammelt. — *Ibid.*, 16, 1926.

232. Skvortzow B. — Über einige Süsswasseralgen aus Pamér (Asien). — *Hedwigia*, 67, 1927.

232. Skvortzow B. — Über einige Süsswasseralgen aus Pamir (Asien). — *Hed-* Rivers of the Zaisan District, Altai Mountains, Siberia. — *J. of Bot.*, 65, 1907.

234. Skvortzow B. — Über das Phytoplankton des Zaisansees, Südsibirien. — *Arch. f. Hydrob.*, 19, I, 1928.

235. Smith G. — Phytoplankton of the Inland Lakes of Wisconsin I. — *Wisc. Geol. and Nat. Hist. Surv.*, 57, 1920.

236. Smith G. — The Phytoplankton of the Muskoka Region, Ontario, Canada. *Trans. Wiscons. Akad.*, 20, 1921.

Source MNHN Paris

237. Smith G. — Cell Structure and Zoospores Formation in *Pediastrum Boryanum* (Tur.) Men. — *Ann. of Bot.*, 30, 1916.

237 bis. Smith G. — New or interesting algæ from the lakes of Wisconsin. — *Bull. Torrey Bot. Club* 43, 1916.

238. Steinecke F. — Glazialrelikte und Glazialformen unter den Algen. — Bot. *Arch.*, 22, 1928.

239. Stockmayer S. — Algœ. *In :* Handel-Manzetti. Botanische Reise in das Pontische Randgebirge. — *Ann. K. K. Naturh. Hofmus. Wien*, 23, 1909.

240. Ström K. Münster. — Freshwater Algœ from Kaukasus and Turkestan. — *Nyt Magaz. f. Naturv.* 57, 1919.

241. Ström K. Münster. — Freshwater Algœ from Tuddal in Telemark. — *Ibid.*

242. Ström K. Münster. — Algological Notes, IV : Resting Spores of *Pediastrum*. — *Ibid.*, 59. 1921.

243. Ström K. Münster. — The Phytoplankton of some Norwegian Lakes. — *Skr. Norske Vidensk. Akad., Mat. Nat. Kl.*, 1921.

244. Ström K. Münster. — Norwegian Mountain Algœ. — *Ibid.*, 1926.

245. Teiling E. — Schwedische Planktonalgen. II. — *Sv. Bot. Tidskr.*, 10, 1916.

246. Teodoresco E. — Matériaux pour la flore algologique de la Roumanie. — *Beih. z. Bot. Centr.*, 21, II, 1907; *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 9e sér., 5, 1907.

247. Toni (J.-B. de). — Sylloge Algarum I. — 1889.

248. Troitzkaja C. — De significatione taxonomica *Pediastri integri* Näg. — *Notulæ System. Inst. Crypt. Horti Bot. Petrop.*, 2, 1923.

249. Troitzkaja C. — Sur le développement et la morphologie du *Pediastrum muticum* Ktz. et *P. Boryanum* (Turp.) Men. — *Arch. Russ. Protist.*, 3, 1924.

250. Troitzkaja C. — Recherches morphologiques expérimentales sur *Pediastrum simplex* Meyen. — *Ibid.*, 6, 1927.

251. Turner W.-B. — Algœ aquæ dulcis Indiæ orientalis. — *K. Sv. Vet. Akad. Handl.*, 25. — 8192.

251 bis. Uspenski E. — Eisen als Faktor für die Verbreitung niederer Wasserpflanzen. — *Pflanzenforschung (Kolkwitz), H.* 9, 1927.

252. Voss Marie. — Beiträge zu einer Algenflora der Umgegend von Greifswald. — *Inaug. Diss., Greifswald*, 1915.

253. Wesenberg-Lund C. — Plankton Investigations of the Danish Lakes. Special Part. — *Dan. Freshwat. Biol. Labor.*, op. 5, 1904.

254. West G. S. — Report on the Freshwater Algœ, including Phytoplankton of the Third Tanganyika Expedition. — *J. Linn. Soc. Bot.*, 38, 1907.

255. West G. S. — The Algœ of the Yan Yean Reservoir, Victoria. — *Ibid.*, 39, 1909.

256. West G. S. — Freshwater Algœ from the Percy Sladen Memor. Expeditions 1908-1911. — *Ann. South Africa Mus.*, 9, 1912.

257. West G. S. — Algœ. — *Cambridge Bot. Handb.*, 1916.

258. West W. — Algœ of the English Lake District. — *J. R. Micr. Soc.*, 1892.

259. West W. — Notes on Scotch Freshwater Algœ. — *J. of. Bot.*, 31, 1893.

260. West W. — A Contribution to the Freshwater Algœ of West Ireland. — *J. Linn. Soc. Bot.*, 29, 1893.

Source MNHN Paris

261. West W and G. S. — New American Algæ. — *J. of. Bot.*, 33, 1895.
262. West W. and G. S. — A Contribution to our Knowledge of the Freshwater Algæ of Madagascar. — *Trans. Linn. Soc. Bot.*, 5, 1895.
263. West W. and G. S. — Algæ from Central Africa. — *J. of. Bot.*, 34, 1896.
264. West W. and G. S. — Welwitch's African Freshwater Algæ. — *Ibid.*, 35, 1897.
265. West W. and G. S. — The Alga-Flora of Yorkshire. — *Bot. Trans. Yorksh. Nat. Un.*, 5, 1901.
266. West W. and G. S. — Scottish Freshwater Plankton. — *J. Linn. Soc. Bot.*, 35, 1903.
267. West W. and G. S. — Freshwater Algæ from Birma, including a few from Bengal and Madras. — *Ann. R. Bot. Gard. Calcutta*, 6, 1907.
268. Wilczek A. — Beiträge zu einer Algenflora der Umgegend von Greifswald. — *Inaug. Diss., Greifswald*, 1913.
269. Wildemann (E. de). — Quelques mots sur le *Pediastrum simplex* Meyen. — *Bull. Herb. Boissier*, 1, 1893.
270. Wildemann (E. de). — Catalogue de la Flore algologique de la Suisse. — *Mém. Soc. R. Sc. Liège*, 2° *sér.*, 19, 1895.
271. Wildemann (E. de). — Flore des Algues de Belgique. — *Bruxelles*, 1896.
272. Wildemann (E. de). — Prodrome de la Flore algologique des Indes Néerlandaises. — *Batavia*, 1897-1899.
273. Wille N. — Bidrag til Kundskaben om Norges Ferskvandsalger I. Smaalenenes Chlorophyllophyceer. — *Christiania Vidensk. Forh.*, n° 11, 1880.
273 bis. Wille N. — Ferskvandalger fra Novaja Semlja, samlede af Dr. Kjelmann paa Nordenskiölds Expedition 1875. — *Ofv. K. Sv. Vet. — Akad. Förh.*, 5, 1879.
274. Wille N. — Bidrag til Sydamerikas Algflora I-III. — *Bih. t. K. Sv. Vet. Akad. Handl.*, 8, 1884.
275. Wille N. — Om Færoërnes Ferskvandsalger og om Ferskvandsalgernes Spredningsmaader. — *Bot. Notis.*, 1897.
276. Wille N. — Algologische Notizen VII. — Zur Verbreitung der Süsswasseralgen im Südlichen Norwegen. — *Nyt. Magaz. Naturv.*, 39, 1901.
277. Wille N. — Süsswasseralgen von den Samoainseln, Havaii, den Salomoninsein, und Ceylon... gesammelt von Dr. K. Rechinger. — *Denkschr. Math. Nat. Kl. K. Akad. Wiss. Wien*, 91, 1914.
278. Wille N. — Algen aus Zentralasien gesammelt von Dr. Sven Hedin. — *SVEN HEDIN : Southern Tibet, vol. 6, part III, Bot.*, 1922.
279. Wille N. — Süsswasseralgen von der Deutschen Südpolar-Expedition auf dem Schiff « Gauss » 1901-1903. — *Deutsche Südpolar-Exped., Bot.*, 8, *IV*, 1924
280. Wille N. og Rosenvinge L. — Alger fra Novaia-Zemlia og Kara-Havet, samlede paa Dijmphna-Expeditionen 1882-1883. — *Dijmphana-Togtets Zool. bot. Udb.*, Copenhague, 1885.
281. Woloszynska (Mlle J.). — Das Phytoplankton einiger javanischer Seen, mit Berucksichtigung der Sawa-Planktons. — *Bull. Acad. Sc. Cracovie*, 1912.

Source MNHN Paris

282. Wołoszynska (Mlle J.). — Studien über das Phytoplankton des Viktoriasees. — *Hedwigia*, 55, 1914.
283. Wołoszynska (Mlle J.). — Beitrag zur Kenntnis der Algenflora Litauens. — *Bull. Acad. Sc. Cracovie*, 1917.
284. Wołoszynska (Mlle J.). — Die Verbreitung der Algen auf dem Boden des Wigrysees. — *C. R. Stat. Hydr. Lac de Wigry*, 1 (1923), 1924.
285. Wołoszynska (Mlle J.). — Algologische Notizen. — *Fol. Cryptog.*, 1, 1925.
286. Wolle F. — Desmids of the United States and List of American *Pediastrum*. — *Bethlehem*, 1884.
287. Woronichin N. — Beiträge zur Kenntnis der Süsswasseralgen des Kaukasus IV. — *Russ. Hydrob. Zeitschr.*, 2, 1923.
288. Woronichin N. — Grundriss der Algen-Vegetation des Kaukasus. — *Arch. f. Hydrob.*, 17, 1926.
289. Zacharias C. — Zur Kenntnis des Planktons sächsischer Fischteiche. — *Forsch. Biol. Stat. Plön*, 7, 1899.
290. Zacharias C. — Über einige interessante Funde im Plankton sächsischer Fischteiche. — *Biol. Centralbl.*, 19, 1898.
291. Zacharias S. — Über das Vorkommen von Borstenbüscheln an den Randzellen bei Pediastreen. — *Ibid.*, 23, 1903.
292. Zederbauer D. — und Brehm V. — Das Plankton einiger Seen Kleinasiens. — *Arch. f. Hydrob.*, 3, 1907.
293. Zykoff V. — Über das Winterplankton der Wolga bei Romanow-Borisoglebsk. — *Zool. Anzeiger*, 29, 1906.

Exsiccata

294. Rabenhorst L. — Die Algen Sachsens. — Die Algen Europa's. — 1848-1873.
295. Wittrock et Nordstedt. — Algæ aquæ dulcis exsiccatæ. — 1877-1903.

Source MNHN Paris

THE DISCOVERY OF FRUITING *OEDOGONIUM REINSCHII* ROY

BY

LEWIS HANFORD TIFFANY.

Vegetative plants of *Œdogonium Reinschii* Roy have been reported from many aquatic habitats throughout temperate and subtropical regions since its first record by Reinsch en 1875 as *Cymatonema* sp. The peculiar and almost unique hexagonal, subhexagonal, or subellipsoid cells have made the identification of the species certain, even though only vegetative plants have heretofore been collected.

The plants apparently never fruits in temperate regions. Professor E. N. Transeau (Ohio State University) informs the writer that he had *Œ. Reinschii* under nearly constant observation for several weeks during the summer of 1923 at Cold Spring Harbor, New York (U. S. A.). Zoospores were formed frequently and germinated almost immediately into new plants. Neither oogonia nor antheridia were observed at any time.

The writer collected algae in Florida (U. S. A.) during January, February, and March, 1931, and found *Œ. Reinschii* in many different localities throughout the state. The plants were never fruiting at this time. During early May of 1933 a collection of algæ was made by Professor G. W. Blaydes (Ohio State University) in a cypress swamp near Madison, Florida. This sample contained fruiting material of *Œ. reinschii* in abundance.

An examination of the Florida plants makes it possible, for the first time, to complete the description of the species. Although the antheridia were very scarce, the oogonia were abundant. The emended description of the species follows :

Œdogonium Reinschii Roy ; **char. emend.**

In Cooke 1884, p. 160, pl. 57, fig. 23; *Cymatonema sp.* Reinsch 1875, p. xi, pl. 6, fig. 1 (incorrectly *Cymatopleura*, p. 77); *Œ. sterile* Hansg., 1888, p. 43, 260; Hirn 1900, p. 319, pl. L, fig. 326; Lewis and Taylor 1928, p. 193, text figs. 3 4; Tiffany 1929, p. 63; Tiffany 1930, p. 172, pl. XLI, fig. 406.

Source MNHN Paris

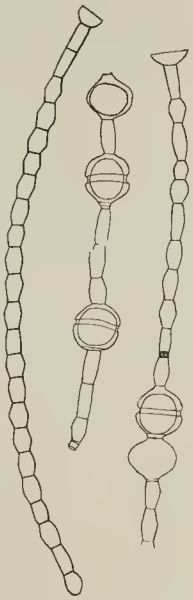


Fig. 1

Œ. monoicum; oogoniis singulis vel binis, globosis vel depresso-globosis vel ovoideis, rarius terminalis, operculo apertis, circumscissione mediana, latissima; oosporis eadem forma ac oogoniis, oogonia complentibus vel non complentibus, membrana lævi; antheridiis 1-? cellularibus, subepigynis vel subhypogynis, spermatozoidis binis, divisione verticali ortis; cellulis vegetativis plerumque subhexagonis

Source MNHN, Paris

(maximam latitudinem in medio habentibus) vel subellipsoideis, nonnullis tantum cylindricis vel subcylindricis; cellula fili basali non elongata, subhemisphaerica; cellula terminali apice obtusa;

crassit. cell. reg.	5-11 μ;	altit.	9-24 μ;
» *oogon.*	17-20 μ;	altit.	15-21 μ;
» *oospor.*	13-18 μ;	altit.	14-17 μ;
» *cell. anther.*	4-5 μ;	altit.	4-5 μ;
» *cell. basal.*	8-16 μ;	altit.	5-10 μ.

Collected in a cypress swamp near Madison, Florida (U. S. A.) on May 8, 1933. Epiphytic on submerged aquatics. *Text fig. 1.*

Geographic distribution : *United States :* Florida, Virginia, Oklahoma, Michigan, New York, Massachusetts; *South America :* Brazil, Paraguay ; *Europe :* Austria, England, France, Germany, Scotland, Sweden.

BIBLIOGRAPHY

COOKE M.-C. — 1884. British fresh-water algae. Vol. I-II, London.

HANSGIRG A. — 1888. Prodromus der Algenflora von Böhmen. Part I. *Archiv der Naturw. Landesdurchforschung von Böhmen* 6 (6) : (97-288) ; text figs. 46-124.

HIRN K.-E. — 1900. Monographie und Iconographie der Œdogoniaceen, *Acta Soc. Sci. Fennicae* 27 : 1-394; figs. 1-396.

LEWIS I.-F. & W.-R. TAYLOR. — 1928. Notes from the Woods Hole Laboratory. 1928. *Rhodora*, 30 : 193-198.

REINSCH P. — 1875. Contributiones ad Algologiam et Fungologiam I : I-XII, 1-103, Leipzig.

TIFFANY L.-H. — 1929. A key to the species, varieties, and forms of the algal genus Œdogonium. *Ohio Jour. Sci.* (29 (2) : 62-80).

TIFFANY L.-H. — 1930. The Œdogoniaceae; a Monograph, 253 pp. figs 1-645. Columbus, Ohio. U.-S.-A.

Department of Botany, The Ohio State University, Columbus, Ohio, and

The Franz Theodore Stone Biological Laboratory, Put-in-Bay, Ohio.

Source MNHN Paris

A NEW SPECIES OF *GOMPHONEMA* FROM THE PUNJAB (INDIA). *GOMPHONEMA GHOSEII* SP. NOV.

BY A. MAJID, M. Sc.,

Research Scholar, Panjab University, Lahore (India).

During the months of December to February in the tanks of Shahlamar and other drying rain ponds in the vicinity of Lahore, a rather slimy film of brownish colour appears sticking to some angiospermic hydrophytes or growing epiphytically on some green filamentous algæ. This film contains the new species of *Gomphonema* described below, the individuals of which grow in abundance on the submerged plants at the bottom of the ponds in shade. Intermixed are a few other naviculoid forms.

The *frustule* is wedge-shaped, straight, mostly attached by a mucilaginous hyaline stalk. The individual occurs singly, in twos or in threes. Some individuals occasionally get detached and are absolutely free and therefore float on the surface of the water, but they do not ever get aggregated together. The girdle view is cuneate and straight and the valve view is clavate and gibbous at the upper end but gradually attenuated towards the base with the extreme end rounded. Length = 32-40 μ, breadth = 9-10 μ.

Cell-contents. — The chromatophore consists of 2 large irregularly elongated plates. The nucleus, on application of a very weak solution of methylene blue, is conspicuously stained before the rest of the protoplasm. Pyrenoids, oil globules and vacuoles are also discernable.

Striæ. — The striæ as seen in the valve view are distinctly transverse, but in some individuals from the Shahlamar Tanks they were seen to be slightly radiate in the middle. The striæ consist of small fine dots (punctæ). The axial area is narrow except that it leaves a small rounded area in the centre, where a single isolated punctum (or stigma) occupies the place. Striæ 9-12 in 10 μ.

Source MNHN Paris

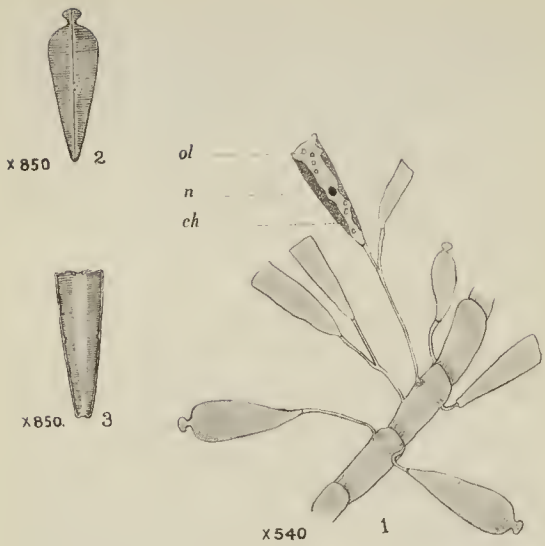


Fig. 1. — Filament on wich individuals are growing (X 450), showing two chromatophores (ch) with oil globules (cl) and also the nucleus (n).

Fig. 2. — Girdle view (X 850).

Fig. 3. — Valve view (X 850).

The diatom described above appears to be an altogether distinct species. As to its shape it is comparable to *Gomphonema sphaerophorum* Ehr. and *G. constrictum* Ehr. The former has a capitate or rostrate-capitate apex, while the latter has a beak-like one. The striæ in both are definitely radiate and greater in number; but *G. constrictum* has alternately larger and shorter striæ. Charac teristically different is the hyaline stalk of the new species.

Source MNHN Paris

For above reasons I propose to erect a new species *Gomphonema Ghoscii* (after my esteemed teacher, Dr. S. L. GHOSE, F. L. S., of Government College, Lahore), with the following specific characters:

Plants epiphytic, occurring singly, in twos or in threes, each on a mucilaginous hyaline stalk. Girdle cuneate, valve clavate, apex pin-head like. Striæ distinctly transverse, farther apart in the middle. Axial area narrow with stigma. L. = 32-40 μ, B. = 9-10 μ, striæ 9-12 in 10 μ.

Habit. — Epiphytic on green filamentous algæ or angiospermic hydrophytes in Shahlamar Garden Tanks, Lahore, and in ponds in its vicinity. December-February.

LITERATURE CONSULTED

1. CLEVE P.-T. — Synopsis of the Naviculoid Diatoms, Stockholm, vol. I, 1893 and Vol. II, 1895.
2. FRITSCH F.-W., RICH F. — *Trans. of the Roy. Soc. of S. Afr.*, Algae from Griqualand West, vol. XVIII, Parts 1 & 2.
3. MEISTER F. — Die Kieselalgen Der Schweiz, Bern., 1912.
4. PASCHER A. — Die Süsswasser-flora Deutschlands, Osterrichs und der Schweiz. Heft 10, Jena, 1913.
5. SMITH W. — A synopsis of the British Diatomaceae, London, vol. I, 1853 and vol. II, 1856.
6. WEST G.-S. & FRITSCH F.-E. — The British Freshwater Algae. Cambridge 1927.

Lahore, 19. 6. 33.

Source MNHN Paris

THE FUCOIDS OF ST. JOHN'S LAKE, PLYMOUTH, INCLUDING A HITHERTO UNDESCRIBED FORM OF *FUCUS SPIRALIS.*

BY

GLADYS L. NAYLOR, B. Sc. (Lond.).

	PAGES
I. *Introduction*	423
II. *Description of Area*	423
(1) Eastdown Lake	424
(2) St. John's Marsh	425
III. *Notes on Individual Fucoids*	428
(1) *Fucus spiralis*	428
(2) *Fucus vesiculosus*	
(3) *Fucus ceranoides*	430
IV. *Summary*	432
V. *References*	432

I. *INTRODUCTION.*

The occurrence and distribution of the brown seaweeds in the numerous salt marshes of the Plymouth district have so far escaped detailed investigation although a few specimens of the fucoids from here are in the British Museum. The area now under consideration constitutes but a small part of the total salt marsh area.

St. John's Lake is a wide tidal inlet lying on the west of the southern half of the Hamoaze (fig. 1). It is two miles long and at its junction with the Hamoaze three-quarters of a mile wide; it is crossed by streams draining the uplands around Torpoint, St. John, and Penhale. The lower half of the Lake consists chiefly of extensive soft mud flats, colonised in places by *Zostera nana.* The present investigation has been confined to the upper half of the Lake, i. e. that area lying west of the rifle range on Deadman's Point. (fig. 2).

II. *DESCRIPTION OF AREA.*

The land lying around St. John's Lake is hilly, the fields sloping more or less steeply to the marshes below, and the foreshore is

Source MNHN Paris

bounded by a low cliff 3 to 10 ft. in height. This cliff is tree-crowned in many places, chiefly along the northern and western shores, causing considerable shading of the foreshore. The soil consists largely of shaly deposits.

Fig. 1. — Map showing the position of St. John's Marsh in relation to the Hamoaze and the Sound.

The area may be divided into two main parts, (1) the small Eastdown Lake, lying immediately west and north of Deadman's Point, and (2) the larger St. John's Marsh proper, which extends westward to St. John village lying at the head of the inlet. The eastern end of the latter marsh is just over a quarter of a mile in width, but it narrows towards the west, and above the ford St. John's leet is only about 50 yards wide. The bed of the large stream flowing through the marsh lies well toward the southern shore and the salt marshes

Source MNHN Paris

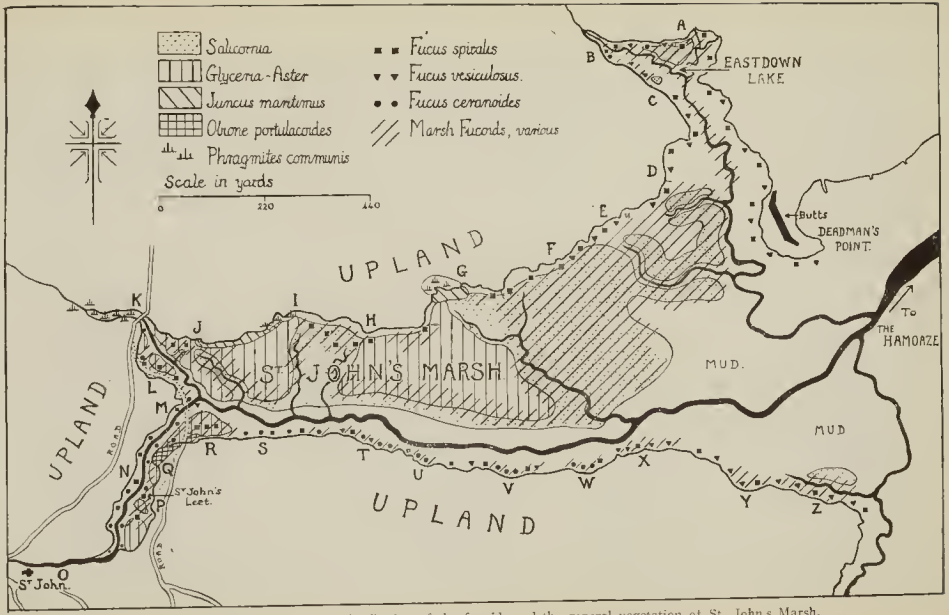


Fig. 2. — Map showing the distribution of the fucoids and the general vegetation of St. John's Marsh.

Source: MNHN, Paris

are confined to the wide northern mud banks and the extreme western end. St. John's Marsh falls into three main portions when considered from the point of view of the vegetation: (a) The *Salicornia-Fucus* marsh, on the north bank between D and G (fig. 2); (b) the *Gluceria* marsh, on the north between G and K, on the south at R, and above the ford in St. John's leet; and (c) the Fucoid association of the southern shore, between S. and Z.

(1) EASTDOWN LAKE.

This area is drained by two creeks of which the westerly one only has a permanent stream of fresh water. During August 1933 after a long dry spell, there was only a trickle of water, but judging from the creek beds the drainage water at some periods of the year is considerable.

Eastdown Lake is still in the early stages of saltmarsh colonization, the only halophyte, apart from *Zostera nana*, which occurs in any quantity on the mud being *Salicornia herbacea* agg. There are, however, some small patches of *Glyceria maritima* on the northern edge, and behind these a very narrow higher zone covered only by the highest spring tides where such halophytes as *Glaux maritima* and *Suæda maritima* are found.

Normal fixed fucoids grow on the foreshore wherever suitable rocks occur, *F. spiralis* being more abundant than *F. vesiculosus* along the northern bank as the level of the mud is nearly up to the limit of the latter's zone. *Pelvetia canaliculata* occurs occasionally. On the west the marsh is overhung by trees and here *F. vesiculosus* is abundant though often stunted and nearly evesiculate. *F. ceranoides* grows on stones in the wet muds at B, but not in the stream itself, and this is its only station in Eastdown Lake. Further south, between C an D, *Ascophyllum nodosum* appears where rocks are present in the lower levels.

At the northern end of Eastdown Lake marsh forms of *Fucus* form mats several square yards in extent embedded in the higher muds just below the hard foreshore. This level is not covered by the lesser neap-tides and the *Fucus* may therefore be exposed periodically for several days. The creek banks are also covered by a partially embedded form of *Fucus*, but besides this large tufts of seaweed occur loose on these embedded plants or sparsely scattered over the muds among the thinly distributed *Salicornia* plants. Along the western edge of the lake there is a more or less continuous mat of

Source MNHN, Paris

marsh seaweed about 5 yards wide, among which normal fixed and fruiting plants of both *F. spiralis* and *F. vesiculosus* occur on stones or on dead branches fallen from the trees above.

(2) ST. JOHN'S MARSH

a) SALICORNIA-FUCUS MARSH.

This part is still in the earlier stages of colonization. Extensive mats of loose and embedded forms of Fucus cover the muds near the Eastdown creek, giving a yellow brown colour to the marshes, the *Salicornia* plants here being few and scattered. Further west the *Salicornia* becomes abundant, with the *Fucus* forming an undergrowth which is especially dense in the shallower creeks. *F. spiralis* and *F. vesiculosus,* with a little *P. canaliculata* cover the low rocky foreshore for a quarter of a mile between C and F, but west of F, *F. spiralis* alone persists, growing on rocks and stones on the upper edges of the mud.

b) GLYCERIA MARSH.

Westward from G, *Glyceria maritima* and *Aster tripolium* appear in the higher levels of the marsh and soon form a continuous association except where interrupted by creeks. *Salicornia annua* is also abundant on the upper levels. The shallower creeks between G and J are covered by a dense growth of filamentous green algæ; the embedded form of *Fucus* is comparatively rare, but it is noticeable that wherever *F. spiralis* appears, there the small embedded *Fucus* also occurs among the *Glyceria* and *Salicornia.*

At the western end the marsh is interrupted by a stream draining the *Phragmites communis* marsh above the bridge at K. This stream brings down a small volume only of fresh water during the summer but sufficient to allow the growth of a few small plants of the brackish-water seaweed, *F. ceranoides,* on the pebbles of the stream bed. A gravel track skirts the marsh at L to cross the main St. John's stream by a concreted ford at M. This road is covered only by the higher tides, but is always damp with water draining from the steep tree-covered cliff which bounds the track on the west. The marsh below the road is soft wet mud with patches of *Glyceria;* the marsh forms of *Fucus* are very abundant. Plants of *F. spiralis* and a few of *F. ceranoides* grow on the stones skirting the track.

The channel of the main stream just below the ford is about 4 yards wide and 4 feet deep; both sides and bed are covered with

Source MNHN Paris

F. ceranoides. A few plants of *F. vesiculosus* occur towards the tops of the banks.

Above the ford the stream, whose course is here north-east, lies towards the western bank and is partly overhung by trees; the stream bed is wide and very shallow, with *F. ceranoides* growing all along it. The upper limit of this seaweed is at O, above the limit of the marsh itself. *F. spiralis* also grows throughout this area and *P. canaliculata* occurs at N, but *F. vesiculosus* is entirely absent. Marsh forms of *Fucus* grow on the mud and among the *Glyceria* all along the eastern side of the stream.

At Q occurs the only patch of *Obione portulacoides* in the whole area, apart from a few scattered plants at G and J. The extent of this patch is about 70 yards by 30 yards.

c) THE FUCOIDS OF THE SOUTHERN BANK.

The upper foreshore consists of firm shaly mud sloping but slightly at the western end of the marsh but becoming steeper and rocky towards the east. *Zostera nana* is present on the lower muds and green algæ such as *Rhizoclonium*, *Cladophora* and *Vaucheria* are also found. The Fucaceæ are well represented all along the shore, but owing to the flatness of the beach the zoning is not well marked.

At the western end *F. ceranoides* is abundant, replacing *F. vesiculosus* almost completely, and invading the *F. spiralis* zone. East of T all three species occur together, but where present *F. ceranoides* tends to monopolise the upper *F. vesiculosus* zone. After the first 100 yards or so, *F. ceranoides* does not occur continuously but is abundant in patches, as at U, V, and W. In these places the foreshore is distinctly wet and the cliff behind shows evidence of surface drainage during wet weather. East of W, *F. ceranoides* is entirely absent; *A. nodosum* which first made its appearance a little further west becomes increasingly abundant, and *F. vesiculosus* is very large and healthy. *P. canaliculata* also comes in on the higher rocks.

With regard to the unattached forms of *Fucus* along this southern shore, these occur mingled with the attached plants wherever a little bay offers some protection from the scour of the tide. Towards the western end these plants form loose-lying tufts having rather a slender thallus. Occasionally, however, a form with a much broader, less branched thallus occurs, often partially embedded in the mud. Beyond the eastern limit of *F. ceranoides* this coarser form be-

Source MNHN Paris

comes increasingly abundant. It is present in quantity at X among *F. vesiculosus* and *A. nodosum* plants, and again at Z as a continuous zone about 4 feet wide, embedded in the soft mud below the steep seaweed-covered rocks of the foreshore. At X and Y, however, the more slender tufted form is also present in quantity lying loose among the other seaweeds.

III. *NOTES ON INDIVIDUAL FUCOIDS.*

The characteristic tendancy of the Fucaceæ to produce a great number of habitat forms is well known and is the cause of a great deal of confusion and difficulty in the identification of species: the algæ in St. John's Lake prove no exception. The conditions obtaining have tended to produce almost identical forms of thallus in the marsh forms of the different species, which in the absence of reproductive organs are practically indistinguishable. It is certain, however, that in this marsh *F. spiralis, F. vesiculosus,* and *F. ceranoides* all produce marsh « ecads », and it is proposed briefly to consider these three species and their « ecads ».

(1) *FUCUS SPIRALIS*

This is the most abundant and widely spread of the three fucoids thoughout the area. It varies greatly in size and width of thallus: the plants from the highest levels may be classed as *F. spiralis* var. *nana,* being often only 3-4 cm. long, but reproducing normally; at lower levels a length of 30 cm. may be reached, accompanied by a widening of the thallus and the production of receptacles on lateral branches, thus conforming to the var. *platycarpus.* This latter form occurs particularly along the south shore of the marsh.

Although usually growing attached to rock or stones, or even to the small shale fragments which are so abundant in the upper levels of the mud, *F. spiralis* is also found attached to the roots of *Glyceria,* and a few of the plants examined were unattached, having only the tuft of rhizoids so often found when this Fucus grows in muddy areas. It is this ability to grow and reproduce normally in the marsh which apparently led Baker and Bohling (2) to conclude that *F. spiralis* does not produce a distinct marsh form. But in studying the small embedded Fucus of the *Glyceria* marsh one was struck again and again by the fact that it was especially abundant where *F. spiralis* was present on stones. In addition, where the base of normal *F. spiralis* (fig. 3.)

Source MNHN, Paris

was becoming silted over with mud, vigorous vegetative budding was being produced, the new shoots of which were apparently identical with the surrounding marsh form. Several plants of fruiting *F. spiralis* were found having the remains of an attachment disc but now embedded in the mud, and producing numerous vegetative shoots

Fig. 3. — *Fucus spiralis* (attached form) taken from a stone embedded in the edge of the Glyceria marsh, St. John's Marsh. Vegetative budding from the embedded base of the thallus is well shown. 3/4 natural size.

Fig. 4. — *Fucus spiralis*, with remains of the attachement disc, but found free in the mud, and producing numerous vegetative shoots of characteristic « marsh form » type. 2/3 natural size.

(fig. 4.). Intermediate stages (fig. 5.) between the normal attached and the marsh forms (fig. 6.) were found wherever *F. spiralis* grew

Source MNHN Paris

Fig. 5. — *Fucus spiralis*, intermediate form, from *Glyceria* turf overhung by normal *F. spiralis* on stones. The old « midrib », embedded 1/2 to 3/4 inch below the level of the mud, may be noted. 2/3 natural size.

Fig. 6. — *Fucus spiralis* (marsh form), embedded in the uppe levels of St. John's Marsh. 3/4 natural size.

Source MNHN Paris

amongst the *Glyceria* and in several instances on the mud among *Salicornia* plants. In several places near the edge of the marsh a stone was found quite close below any especially healthy clump of embedded Fucus, and although such circumstantial evidence must not be taken too seriously it certainly suggests that the marsh form had been derived from normal attached plants which had become silted over.

With regard to reproductive bodies, these were rare, the plants increasing by vegetative growth and branching of the thallus and subsequent rotting away of the lower mud-embedded portions. A certain number of receptacles were found (fig. 7.), however, on the small embedded *Fucus* where it occurs in pure formation on the highest levels of the mud, as at the north side of Eastdown Lake. These receptacles, though very small and immature, resembled those

Fig. 7. — *Fucus spiralis* (marsh form). Small fruiting forms from the bare mud, high level, at A, Eastdown Lake. Natural size.

Source MNHN Paris

commonly found in *F. spiralis*. Thus they were rounded in shape, with a slight ridge running over the top, this corresponding to the narrow strip of sterile thallus surrounding the ripe receptacles of normal *F. spiralis;* the conceptacles were all hermaphrodite although the antheridia were often very much reduced and the oogonia small and usually undivided; and the paraphyses protruded in all.

The fact that the only reproductive bodies found were on plants growing at the highest levels, and thus subject to several days exposure during neap-tides, is interesting in view of the recognised fact that *F. spiralis* normally requires a certain degree of desiccation if fruiting is to occur. No vesicles were found on any of these small plants, but inflations were often present on those subject to the greatest exposure. It is probably justifiable, therefore, to assume that the small embedded *Fucus* above described is indeed a true marsh form of *F. spiralis*.

(2) *FUCUS VESICULOSUS*

This species occurs abundantly round most of the marsh but is entirely absent from the upper levels of the *Glyceria* marsh: its range does not extend above the ford. Always a variable species, in this area its morphological changes are well marked, from dwarf evesiculate plants only a few centimetres long on the higher rocks around Eastdown Lake, to wide, heavily vesicled plants 40-50 cm. or more in length along the eastern end of the south shore of St. John's marsh. The range from flat to tightly spiral thallus is also well shown. Some plants approach very nearly to *F. ceranoides* in form and texture of thallus.

With regard to the marsh forms of *F. vesiculosus* occurring in St. John's Lake, one is easily distinguishable and occupies extensive areas of the mud flats at the junction of Eastdown Lake and St. John's Marsh. It also occurs along the southern shore, being especially abundant at the eastern end. This form is large, up to 40 cm. or so in length, but often with the greater part of the thallus embedded in the soft mud. Some specimens conform very nearly to *F. vesiculosus* ecad *volubilis*, Hudson, of Baker, with occasional vesicles and some slight spirality of the firm, rather broad yellow-brown thallus. Many of the embedded plants are, however, less massive, not at all spirally twisted and have no vesicles, but their position low down on the marsh levels and their general appearance

Source: MNHN, Paris

seem to indicate that they also are a form of this ecad *volubilis*.

As well as these larger forms, however, there is a small one which occurs as rounded tufts free floating at high tide but remaining either scattered over the mud flats or entangled with the fixed and embedded fucoids. The thallus of these tufted plants is delicate in texture and rather dark olive green in colour. No fruiting bodies or vesicles have been found. That this is a form of *F. vesiculosus* is very probable judging from its occurrence at lower levels than those occupied by normal *F. spiralis* and waters of higher salinity than *F. ceranoides* will continuously tolerate, but an examination of the thallus alone will not serve to distinguish it from small embedded or free forms found at higher levels, which are almost certainly derived from one or other of these two species.

(3) *FUCUS CERANOIDES*

The distribution of this species in St. John's Lake is interesting in view of its known preference for sea water of low salinity. The volume of fresh water here is inconsiderable especially during the summer months. Samples of water taken at high tide at ten different points round the marsh gave salinity values of 30-34 parts per 1000 gms. showing that there was no appreciable dilution of the water here as compared with that of the Hamoaze and the Sound where the salinity varies between 30-34.5 parts per 1000 gms. The lowest salinity records were obtained at J and L, St. John's Marsh, where, at an hour before high tide, salinities of 11 and 8 were recorded, due no doubt to the damming up of the fresh water of St. John's stream by the rising tide. At high tide the waters spread right over the marshes and at an hour after high tide the salinities at J and L were both 30, showing that the lower concentration was not maintained for very long.

It was felt that under these circumstances the explanation of the occurrence of *F. ceranoides* in such quantity along the southern shore must be found in the inter-tidal conditions. No stream joins the marsh from this side but, as previously stated, the fields slope very steeply to the foreshore and there is distinct evidence at each of the little bays where *F. ceranoides* occurs, namely at T, U, V, and W, of surface drainage after heavy rain. At low tide the mud at these places is always wet, so a set of water samples was collected from hollows in the surface, the salinities of which varying from 11 to 23 proved

Source: MNHN Paris

considerably lower than those obtaining at these points during immersion by the tide. This would indicate that although no streams appear above ground there is a volume of fresh water entering the marsh. Time unfortunately did not permit of further salinity determinations, and from the scanty data, obtained after a very dry summer, it is not possible to draw definite conclusions. It would be interesting to compare these salinities with others determined during the winter months when the volume of fresh water may be much greater. It appears safe to say however, that wherever *F. ceranoides* occurs, apart from the actual stream bed at and below the ford, there is fresh water draining through the mud and that it is the resulting inter-tidal conditions which permit the growth of this species at places where the salinities during high tide are so near to that of normal sea water. Shading by trees during the greater part of the day preventing, as it does, excessive evaporation, may be an additional factor in favour of this seaweed. It may be interesting to note that the general condition of the *F. ceranoides* along the southern shore at the beginning of July 1933 was much better than it was a month later after a hot dry period.

The average size of the plants of *F. ceranoides* in St. John's Lake is small, rarely exceeding 1-ft. (30 cm.) in length except for those plants growing in the stream bed at the ford, where a length of 2-ft. (60 cm.) may be reached. Along the south shore the plants are bushy and often have a great deal of vegetative budding. Inflation of the thallus occurs frequently, especially in positions exposed to the sun. The receptacles are of the characteristic shape, being sharply pointed and often forked. Of the 38 fruiting plants examined during July 1933, 25 were hermaphrodite, 12 had purely male conceptacles, and 1 specimen had oogonia only. Several of the hermaphrodite forms showed marked reduction of antheridia. The plants were taken from different parts of the marsh but unfortunately no record was made of their zonal level. *F. ceranoides* is generally considered to be an hermaphrodite species which shows unisexual tendencies. Stomps (7) records that at Nieuport, France, plants growing in the upper zones were hermaphrodite and in the lower, unisexual. Chater (3) at Aberdeen found no hermaphroditism of *F. ceranoides* in any zone.

The marsh form of *F. ceranoides* was first found in this area in Eastdown Lake at B, where a few plants were lying loose on the mud

Source MNHN Paris

along with fixed *F. ceranoides* on small stones and dead branches. Some of these unattached plants were fruiting and it was thus possible to establish their connection with the *Fucus* species from which they were derived. This marsh form agrees with that described by SKRINE, NEWTON and CHATER (6) for the Mochras Marshes, Wales, and called by them *F. ceranoides* ecad *proliferatus*. The thallus wing is papery and soon decays leaving long bare « midribs ». It is, however, very difficult to distinguish these plants where no fruiting occurs from some of the forms of *F. vesiculosus* and *F. spiralis*, especially certain specimens of the latter two species found at Y in St. John's Marsh. It is probable that much of the abundant unattached *Fucus* occurring at L at the north west corner of the marsh is derived from *F. ceranoides* but so far no receptacles have been found on the plants there.

The anatomical distinction, mentioned by SKRINE, NEWTON and CHATER (6), that *F. ceranoides* has certain central cells which turn brown and break down to produce a homogeneous mass, does not appear to hold generally for the plants of this area and is certainly not a sufficiently constant character to be of use in identifying doubtful species.

IV. SUMMARY

(1) A description is given of the distribution of three species of Fucus in St. John's Lake, Plymouth, with an account of their marsh forms.

(2) The occurrence is recorded of a so far undescribed marsh form of *Fucus spiralis*.

(3) The relation between the salinity of the water and the distribution of *F. ceranoides* is discussed.

(4) A marked convergence of « ecad » forms in the area is noted.

In conclusion the author wishes to record her thanks to the Director and Council of the Marine Biological Association for laboratory facilities during the course of the investigation; to London University for the use of their table; also to Dr. L. H. N. COOPER, for help in determining the salinities of the water samples and to the Staff as a whole for much incidental assistance.

Source MNHN Paris

REFERENCES

(1) Baker S. M. — The Brown Seaweeds of the Salt Marsh. *Journ. Linn. Soc. Bot.*, vol. XL., pp. 275-291, 1912.

(2) Baker S. M., and Bohling M.-H. — On the Brown Seaweeds of the Salt Marsh. Part. II. *Journ. Linn. Soc. Bot.* Vol. XLIII, pp. 325-380, 1916.

(3) Chater E. H. — On the Distribution of the Larger Brown Algae in Aberdeenshire Estuaries. *Trans. and Proc. Bot. Soc. Edin.*, Vol. XXIX, pp. 362-380, 1927.

(4) Cotton A. D. — Clare Island Survey, 15 : Marine Algae. *Proc. Roy. Irish Acad.*, Vol. XXXI, 1912.

(5) Knudsen M. — Hydrographical Tables. 1901.

(6) Skrine P. M., Newton L., and Chater E. H. — A Salt Marsh form of *Fucus ceranoides*, L. from Llanbedr, Merioneth. *Ann. Bot.* Vol. XLVI, pp. 769-779, 1932.

(7) Stomps Th. — Etudes topographiques sur la variabilité de *F. vesiculosus*, L., *platycarpus*, Thur., et *ceranoides*, L. *Rec. de l'Institut Botanique Léo Errera*, t. VIII, pp. 326-377, 1911.

Source MNHN Paris

Source MNHN Paris

TABLES DU TOME VII

ARTICLES ORIGINAUX.

J. Augier. — Constitution et biologie des Rhodophycées d'eau douce .. 237
Y. Bharadwaja. — The Taxonomy of *Scytonema* and *Tolypothrix* including some new records and new species from India and Ceylon.... 149
E. Bigeard. — Les *Pediastrum* d'Europe. Etude biologique et systématique . . . . 1 et 327
H. Kufferath. — Récoltes algologiques à Onoz-Gembloux, Rouge-Cloître, Llerre, Hérenthals et en Campine. — I. Diatomacées 95
M. Lefèvre. — Recherches sur la biologie et la systématique de quelques Euglénïens 139
A. Majid. — A new species of *Gomphonema* from Punjab (India) *Gomphonema Ghoseii* sp. nov. 422
Karel M. Malkovsky. — Regeneration in *Nitophyllum punctatum* (Stackh.) Harv. 123
Gladys N. Naylor. — The Fucoids of St John's Lake, Plymouth, including a hitherto undescribed form of *Fucus spiralis* 425
W.-A. Setchell et N.-L. Gardner. — *De Gigartinis* 131
L.-H. Tiffany. — The Discovery of fruiting *Oedogonium Reinschii* Roy 419

NOTES.

E. Bachrach et M. Lefèvre. — Modification du test des Euglènes et de la carapace des Diatomées 186
M. Fontaine. — Remarques sur la fluorescence des Chlorophycées marines 189
R.-A. Konguisser. — *Hydrurus fetidus* Kirchner au Kamtchatka 184
R. Lami. — Stations nouvelles de quelques algues rares dans la Manche occidentale 183
M. Lefèvre. — De l'influence des variations brusques de température sur la multiplication de certains Flagellés 184
E. Manguin. — Sur la présence de *Scenedesmus microspina* Chod. dans le département de la Sarthe 179

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE.

Cyanophycées 193
Flagellés 195
Péridiniens 196
Chlorophycées 196
Coujuguées 197
Characées 198
Diatomées 199
Phéophycées 200
Rhodophycées 203
Algues fossiles 207
Répartition, Ecologie 208
Parasitisme, Symbiose 218
Plancton 219
Biologie générale 220

Source MNHN Paris

Physiologie, chimie 223
Cytologie 230
Technique 235
Varia 236

TABLE DES NOMS D'AUTEURS DES TRAVAUX ANALYSÉS OU SIGNALÉS DANS LA REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Ackeley A.-B. 208
Agostini A. 220
Alexander G. 223
Alister F. Me. 235
Allen W.-E. 235
Amossé A. 199
Atkins W.-R.-G. 223
Atkinson G.-F. 203
Anonyme 235
Bachrach E. et Lefèvre M. 199
Birge E.-A. and Juday 224
Bioret G. 200
Blinks L.-R. 224
Blinks L.-R. and A. Hof-Blinks . . 208
Bold H.-C. 196
Borcia I. 208
Borgesens F. 203, 208, 209, 210
Cale M.-D. 199
Calvert R. 199
Capt L. 204
Cayeux L. 207
Chadefaud M. 230
Chemin E. 224
Chodat R. 219
Cockran L.-C. 193
Colla S. 224
Colmann S. 221
Conseil permanent international pour l'exploitation de la mer . . 224
Cooper W.-C. und Osterhout W.-S.-V. 224
Couch S.-N. 218
Czurda V. 221
D'Ancona 210
Dangeard P. 204-219
Dangeard P.-A. 196
Danin Z. 225
Damman H. 221
Deflandre G. 195
Delft E.-M. 221
Dostal R. 225
Drouet F. 210
Fairschild D. 221
Famin M. 210
Farlane C.-M. 222
Farran G.-P. 193
Feldmann J. 204-211
Flerov B.-G. 211
Flerov et Karsakov N. 211
Fosc D.-L. 225
Forti. A. 201
Forti A. und Schulz P. 199
Frémy P. 193
Frye T.-C. and Phifer M.-W. . . 201
Giral J. 225
Gran H.-H. 220-236
Gran N.-N. und Angst E.-C. . . . 199
Gran N.-N. und Thompson T.-G. 199
Gross I. 240
Grubb. V.-M. 211
Hall S.-R 195
Hamel G. 201
Hammerling S. 196
Hanna G.-D. 235
Hassid W.-Z. 225
Hatton H. 221
Haupt A.-W. 201
Hayren E. 212
Hein I. 196
Hof C. and Frémy P. 193
Holdhelde W. 225
Hollenberg G.-S. 226
Holtmann C. 205-225
Howe M.-A. 194-207-213
Howe M.-A. and Taylor W.-R. . . 212
Hustedt L. 231
Inteer B.-B. 213
Irwin M. 226
Jacques A.-G. and Osterhout . . 226
Johansen D.-A. 197
Jungers V. 231
Karling S.-S. 219
Klas Z. 227
Klugh A.-B. 227
Knigth M. and Park M.-W. 213
Konguisser R.-A. 226
Kopetzky-Rechperg O. 232
Krogh A. and Lange E. 232
Kylin H. 205-214
Lami R. 201
Lapicque L. 202
Lefèvre M. 195
Lemoine M. 206
Lewis I.-F. and Taylor W.-R. . . 214
Li L.-C. 214
Lind A. 232
Link K.-P. 227
Lucas A.-M.-S. 214

Source MNHN Paris

Lunde G. et Closs K. 227
Lwoff A. 252
Mangenot et Nardi R. 235
Manske R.-H.-F. 227
Marshall S.-M. and Cre A.-P. .. 200
Matthews V.-D. 214
Miranda F. 215
Monfort C. 227
Montemartini L. 215
Morgan A.-H. 236
Nelson W.-L. and Aetcher L.-H. 227
Nichols G.-E. et Ackeley A.-B. .. 197
Nichols S.-P. 228
Okamura K. 215
Osterhout W.-J.-V. 228
Osterhout W.-S. ant Hill S.-E... 228
Palmer C.-M. 216
Parke M.-W. 216
Paschter A. 222-235
Pavillard J. 196-200
Pentegoff B.-P. 236
Pol B.-P. 198
Prescott G.-W. 216
Raymond D.-E. ant Stetson H.-C. 236
Reis E.-M. 202
Rescoe M.-V. 216
Ricard P. 228
Robinson W. 202
Roche S. 228
Russel-Wells E. 229
Sabelina M.-M. 220
Samauns Bishop A. . 194-195-197-198
Sauvageau C. 222
Savage R.-E. 220
Schiller J. 217
Schreiber B. 222
Schreiber E. 202
Schuette H.-A. and Adler H.... 229
Schurmann J.-F.-M. 222
Schutt F. 229
Sharp W. 195
Smith B.-H. 217
Smith G.-M. 197
Sokoloff D. 197-219
Sparrown F.-K. 219
Stanbury F.-A. 229
Svedelius N. 206
Swann W.-F. and del Rosarie C. 229
Swartzow B.-W. 198-200
Tandy G. and Colmann S. 223
Taylor W.-R. 194-217
Tiffany L.-H. and Ahlstrom E.-H. 220
Tilden S.-E. and Fessenden A.-P. 203
Transeau E.-N. 198
Ubisch G. von 203
Weber van Bosse A. 217
Williams-E., Kneer L., Wickwire G.-C, Vera D.-S. and Burge W.-E. 229
Wilson O.-T. 200
Witacre D.-M. 225-230
Wolfe J.-J. 200
Yamada Y. 218
Yonge C.-M. 218
Zanon V. 223

Source MNHN Paris